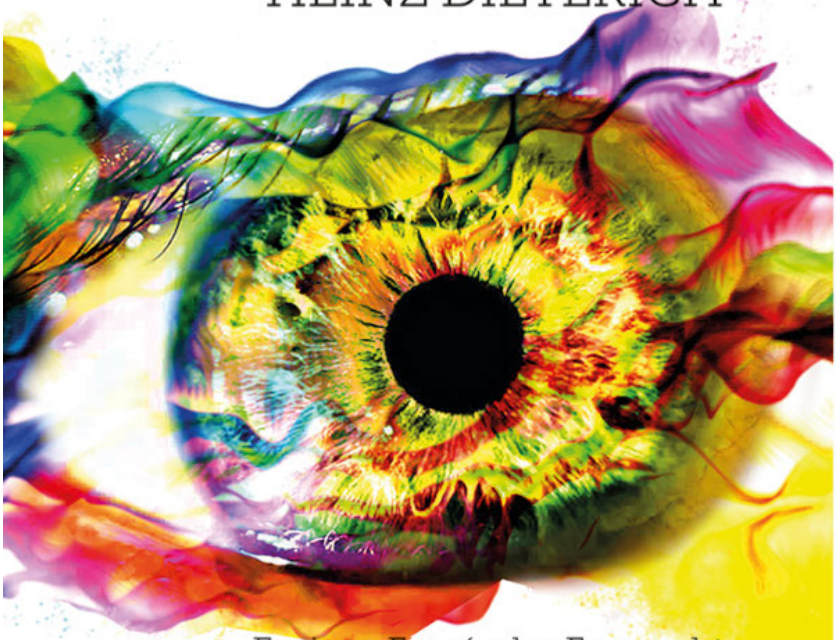
Nueva guía para la investigación científica

HEINZ DIETERICH

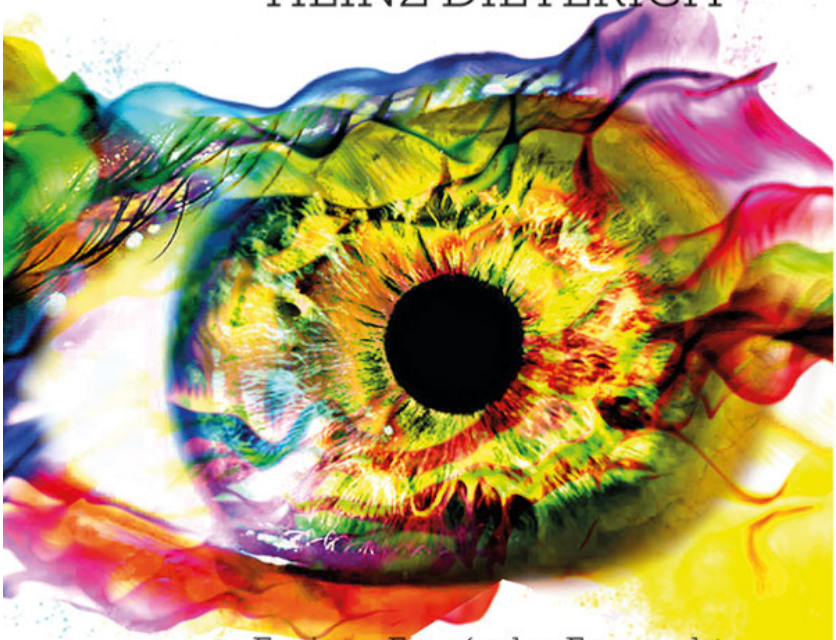


Enrique Fernández Fassnacht
Prólogo

ORFILA

Nueva guía para la investigación científica

HEINZ DIETERICH



Enrique Fernández Fassnacht
Prólogo

ORFILA

NUEVA GUÍA PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

COLECCIÓN
UNIVERSITARIA

Heinz Dieterich

NUEVA GUÍA PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Primera edición, octubre 2011

Primera reimpresión, abril 2012

Segunda reimpresión, septiembre 2012

Tercera reimpresión, octubre 2013

Cuarta reimpresión, agosto 2014

Quinta reimpresión, agosto 2016

Sexta reimpresión, septiembre 2018

Primera edición digital, mayo 2021

D.R. © Grupo Editor Orfila Valentini, S.A. de C.V.

Av. Río Mixcoac núm. 25 Piso 11-A

Colonia Crédito Constructor

Alcaldía Benito Juárez

C.P. 03940 Ciuadad de México

www.orfilavalentini.com

info@orfilavalentini.com

ISBN: 978-607-7521-09-9

ISBN: 978-607-7521-16-7 (libro electrónico)

Diseño de portada: Agustín Azuela de la Cueva

Ilustraciones de interiores: Héctor de la Garza

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio —electrónico o mecánico—, incluida la portada, sin contar con la autorización previa y por escrito de Grupo Editor Orfila Valentini, S.A. de C.V.

Conversión gestionada por:

Sextil Online, S.A. de C.V./ Ink it ® 2021.

+52 (55) 52 54 38 52

contacto@ink-it.ink

www.ink-it.ink

Impreso en México/Made in Mexico

ÍNDICE

Prólogo

Enrique Fernández Fassnacht

Presentación

Salvador Vega y León

Introducción

I. DE LA VIDA COTIDIANA A LA CIENCIA

1. Ser científico para vivir con calidad de vida

1.1 Las siete virtudes de la vida científica

1.2 ¿Todos podemos ser científicos?

1.3 Para hacer hay que interpretar

1.4 El sentido común como fundamento de la ciencia

1.5 Los tres puentes entre sentido común y ciencia

1.5.1 Espacio-movimiento-tiempo

1.5.2 Conjetura-hipótesis

1.5.3 Carácter experimental

1.6 El árbol del pensamiento humano

2. Nuestra ciencia: lo más preciado

2.1 Los cuatro significados de “ciencia”

2.2 Verdad mental y verdad objetiva: apariencia y esencia

2.3 Diferencias entre sentido común y razonamiento científico

2.4 Imposible analizar siempre científicamente

2.5 La ciencia no tiene favoritos

2.6 La técnica más importante del trabajo científico

2.6.1 ¿Cómo estudiar adecuadamente?

3. Investigación cualitativa y cuantitativa

3.1 Lenguajes cualitativos y cuantitativos

3.2 La ciencia quiere cuantificar

3.3 Dificultad de medición en la aurora de las ciencias

3.4 Cuando no se puede o quiere medir

3.5 Definición de la investigación cuantitativa

4. Protocolo, ensayo y reporte científico

4.1 Protocolo científico: plan de trabajo y estructura conductora

4.2 Requisitos institucionales y científicos del protocolo

4.3 Protocolo y ensayo científico se complementan

5. El hilo rojo de la investigación científica

5.1 Definición del concepto

5.2 Interés de conocimiento y protocolo científico nos guían

5.3 La estructura lógica de toda investigación científica empírica

II. EL MÉTODO CIENTÍFICO Y SU USO

1. El planteamiento del problema de investigación

1.1 Definición del concepto

1.2 Organizar la información: fichas y método sinóptico-referencial

1.3 Los ocho procedimientos del planteamiento del problema

1.3.1 Título, tema y fenómeno (objeto) de investigación

1.3.2 Delimitación en el espacio físico-geográfico

1.3.3 Delimitación en el tiempo

1.3.4 Delimitación semántica

1.3.5 Los enunciados de propósito

1.3.6 Los recursos de investigación

1.3.7 Ruta crítica

1.3.8 Función del título de la investigación

1.4 Título, tema, sujeto y objeto

2. Marco teórico, revisión de literatura y marco histórico

2.1 Definición del concepto

2.2 La consulta médica: modelo de investigación científica

2.3 Dos modos de formular el marco teórico

2.3.1 Revisión de la literatura

2.3.2 La construcción del marco teórico

2.3.2.1 La selección de las teorías

2.3.2.2 Conceptos y conocimientos científicos

2.3.2.3 La selección de los métodos

2.4 Marco teórico, marco histórico y descripción del fenómeno

3. Formulación de las hipótesis

3.1 Definición del concepto

3.2 Características de la hipótesis

3.3 Hipótesis de constatación

3.4 Hipótesis de relación causal

3.5 Hipótesis de relación estadística

3.6 Hipótesis nula y alternativa

4. Verificación de las hipótesis

4.1 Definición del concepto

4.2 ¿Se puede verificar una hipótesis?

4.3 Los cuatro métodos de verificación y sus características

4.3.1 Verificación mediante observación

4.3.2 Verificación y requisitos por experimento

4.3.3 Verificación por documentación

4.3.4 Verificación por muestreo: conceptos básicos y escalas de medición

4.4 Diseño de muestra y encuesta representativas Agustín Porras

4.4.1 Función de la muestra representativa

4.4.2 Media aritmética y varianza en la muestra

4.4.3 Requisitos matemáticos de la representatividad: selección y tamaño

4.4.3.1 Selección aleatoria

4.4.3.2 Determinación del tamaño de la muestra en general

4.4.3.3 Muestras de tamaño pequeño: la prueba “t” de Student

4.4.4. Muestra de control de calidad mediante la distribución de probabilidad binomial

4.5. Diseño del cuestionario

4.6 Aplicación del cuestionario

4.7 Evaluación estadística de los datos

4.7.1 Codificación de los datos

4.7.2 Medidas de orden y porcentajes

4.7.3 Medidas de tendencia central

4.7.4 Medidas de dispersión y correlación

4.7.5 Problemas de interpretación: la cultura estadística

4.8 La entrevista

5. Análisis de resultados y conclusiones

5.1 Definición de conceptos

5.2 Estructura lógica del análisis

5.3 Resumen de la investigación

III. EL REPORTE DE INVESTIGACIÓN

1. Función y requisitos del reporte

2. Función y requisitos de la introducción

3. El abstract

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

Anexo 1

Definiciones metodológicas

Anexo 2

Tabla aleatoria

Anexo 3

Áreas y ordenadas de la curva normal

Anexo 4

Ejemplo de cuestionario

Anexo 5

La mayéutica de Sócrates

Anexo 6

Cómo utilizar el programa informático Gretl

PRÓLOGO

En el eterno juego de las oposiciones con frecuencia aparece una que en realidad no existe: la que suele establecerse entre las disciplinas sociales, o las humanidades, y la ciencia. No sólo se las aprecia como distantes, sino que se llega a considerar que entre ellas existe un abismo descomunal, pero si reflexionamos un poco nos damos cuenta que ésto es un prejuicio, muy difundido, pero prejuicio al fin.

Si observamos a un niño de meses podemos apreciar que aprende a razonar, por ejemplo, respecto a la causa y el efecto de su llanto. Se da cuenta que con esta conducta puede obtener la satisfacción que requiere, aunque pasa a ser problema de alguien de más edad inferir el motivo de la molestia del niño. Sin duda un narrador competente podrá contar con habilidad una historia que ilustre este hecho. O bien, si analizamos el proceder de Sherlock Holmes, famoso personaje de la literatura y el cine, encontramos en sus investigaciones detectivescas muchos de los protocolos en que se basa una buena investigación científica.

Estos ejemplos, breves y convencionales, son una muestra de que no hay una verdadera distancia entre las humanidades y la ciencia. Y basta referirse al estudio de Émile Durkheim respecto al suicidio para considerar que el apoyo de los métodos estadísticos y un claro razonamiento son muy necesarios en las disciplinas sociales para comprender la proximidad de la ciencia con el conocimiento de los fenómenos relativos a las diversas comunidades humanas.

Es posible que el temor o el rechazo sociales no sean tanto contra la ciencia o las diversas tecnologías, sino contra la personalidad de los científicos. El origen de este temor parte de criterios dogmáticos, en gran medida, y del hecho de que Galileo y Copérnico padecieron, como muchos otros científicos y pensadores, críticas y persecuciones por parte de diversos gobernantes o líderes religiosos.

Hay quienes prefieren que la ciencia y el saber sean privilegio de unos cuantos, como forma de dominación y explotación, por lo que mantienen alejadas de la educación a sus comunidades. Por ello, también, caricaturizan a los científicos, inspirados —paradójicamente— en el personaje de Mary Shelley Frankenstein, el científico que crea una criatura inteligente a partir de restos humanos. Así, a través del cine, los cómics o la televisión se multiplican los ejemplos de hombres de ciencia enloquecidos, cuyo interés es el dominio de la humanidad, y no su beneficio; o la desmedida ambición de riquezas y bienes. Características que más bien se encuentran en quienes detentan el poder.

Sin embargo, la ciencia y su método son universales. Carecen de etiquetas relacionadas con “el bien” o “el mal”. Es en su uso, en sus aplicaciones, en las decisiones de quienes recurren a sus capacidades donde puede estar el daño o beneficio de un conocimiento o de una tecnología.

Los descubrimientos de Fermi, Faraday, Pasteur, Finlay, los Curie, Einstein, Marconi, Newton, Von Braun o Darwin son, por el contrario, las grandes bases del mundo que hoy disfrutamos. Gracias al talento de estos hombres, junto con muchos otros, tenemos la posibilidad de que el mundo no sea un sitio tan inhóspito y peligroso como lo fue en los albores de la humanidad.

En especial, en los tres siglos recientes se ha logrado un vertiginoso avance de la ciencia mucho más intenso que el que se tuvo en los pasados milenios. Por ello nos referimos a la presente etapa de nuestra historia humana como “sociedad del conocimiento”. Cada ciencia en su especialidad amplía sus fronteras cotidianamente, con pasos cada vez más vertiginosos.

Asimismo, en los treinta años recientes se duplicó la base del conocimiento de los saberes humanos en todas las ramas. Con ello, nuestras perspectivas se ampliaron y han dado lugar a nuevas ciencias y tecnologías que se benefician unas a otras debido a las modernas posibilidades de transmisión del conocimiento, de los bancos de datos, de incontables revistas, de la comunicación mediante las nuevas tecnologías y de las facilidades para mantener por diversos medios un diálogo constante respecto a cada hallazgo. No es difícil considerar que esta proliferación de saberes se

multiplicará cada vez más en periodos más breves.

El panorama para los jóvenes de hoy es fascinante: tienen más caminos para escoger su destino que cualquier generación precedente. También implica una gran responsabilidad.

¿Cómo llegamos hasta este punto? Gracias al método científico, que es la suma de procedimientos para conocer y afinar el conocimiento con un alto grado de certidumbre. De ahí la importancia de esta Nueva guía para la investigación científica —revisada y ampliada— del doctor Heinz Dieterich Steffan.

Cabe decir, sin exageración, que el presente volumen es un libro útil para la vida, un texto necesario para gozar y comprender las posibles rutas del conocimiento con una adecuada brújula. Y, de muchos modos, una conversación en extremo agradable con un hombre de ciencia que sabe apreciar lo mejor de cada uno de los logros humanos, bien sea en el arte, las sociedades, el aula, la realidad o en el laboratorio.

Aparentemente la Nueva guía para la investigación científica es un manual para el estudio y el salón de clase. Paso a paso, el doctor Dieterich nos introduce en el manejo de distintas herramientas: tanto las que usamos en la vida cotidiana, como las que requeriremos a lo largo de nuestra vida para no quedar rebasados por el progreso y el cambio que son consustanciales a nuestra época.

Pero esta nueva guía no está destinada para quedar abandonada en el estante al terminar de leerlo. Se convertirá en una referencia continua donde las diversas reflexiones del autor serán un auxilio imprescindible para asumir una ética del conocimiento o para dirigirse a autores imprescindibles en la formación de todo universitario.

En especial, el volumen será una fuente de ejemplos útiles y de gran actualidad para aplicar correctamente el método científico y trabajar con él de manera formal al momento de preparar un informe o un ensayo para un reporte de investigación. Es también una fina demostración de que es más fascinante convertirse en científico que lo que comúnmente se muestra o se cree. Y más de un

lector atento notará que hay como trasfondo un fino sentido del humor, a veces irónico, a veces crítico que es un rasgo bastante común de muchos científicos.

Hace algunos años en una conferencia en el Palacio de Bellas Artes Georg Steiner, destacado filósofo contemporáneo, comentaba que su amistad con Stephen Hawkins —uno de los más célebres científicos de nuestro tiempo— le había revelado una excepcional visión:

Quizá la parte más feliz de la humanidad ahora son los científicos, son ellos los grandes optimistas del siglo, son ellos quienes sonríen ante sus diarios deberes y tareas; en tanto descubrimos en los medios y en las publicaciones cotidianas el gran pesimismo de los hombres del dinero y del poder, encerrados los pobres en sus limitados horizontes; mientras todo científico se asombra de la gran maravilla que es el universo en sus partes y en su totalidad.

Comparto con Steiner ese juicio. Creo que este libro lo refuerza. Y me permite sonreír con esperanza cómplice con cada uno de sus lectores. La Nueva guía para la investigación científica de Heinz Dieterich tiene esa magia y capacidad entre sus páginas. Así lo sé, lo deseo... y lo comparto.

Enrique Fernández Fassnacht

Director General del

Tecnológico Nacional de México

Invierno 2020

PRESENTACIÓN

¿Para qué una nueva versión de la Nueva guía para la investigación científica?

Nada más aleccionador para un científico que replantear los aportes que ha realizado antes, porque casi siempre, con un sentido autocrítico, al revisar el texto previamente publicado se desarrollan en la mente del autor nuevas formas de explicar los fenómenos ya descritos.

Aún más, ¿acaso la interpretación de los fenómenos no cambió con el paso del tiempo? Por supuesto, así fue. Si además la obra publicada cumplió su misión de informar y formar al público lector, logrando que los estudiantes se interesaran por la labor científica, se cierra un ciclo y habrá que iniciar otro nuevo.

Este es el caso de la obra del Dr. Heinz Dieterich, que entró en los talleres de impresión por más de treinta ocasiones y esos libros seguramente despertaron y desarrollaron en sus lectores la capacidad de tener una posición científica y crítica ante el mundo, y entender, mediante el ejercicio del método científico, diversos fenómenos que diariamente suceden dentro y fuera de nosotros mismos.

El lector encontrará en esta nueva edición de la obra tres secciones: “I. De la vida cotidiana a la ciencia”; “II. El método científico y su uso”, y “III. El reporte de investigación”, complementados con la bibliografía y varios anexos. La lectura y el análisis del texto le proponen al lector, en la sección I, siete ventajas para lograr mejor calidad en su vida, lo que se ilustra con la mención de las aportaciones de grandes intelectuales. Pero además en esta sección el estudiante podrá reconocer su potencial para formarse en el campo científico, sin dejar de entender que en ‘El árbol del pensamiento humano’ la ciencia comparte créditos con la filosofía, la religión, la ética y otras formas del pensamiento ancladas en su

sentido común. Destaca claramente las diferencias entre el sentido común y el razonamiento científico, pero también los límites de este último, al pretender interpretar y conocer el mundo; informa acerca de las tres etapas del proceso científico y de las técnicas más importantes para realizar ese trabajo.

Con una secuencia acertada, en los siguientes tres capítulos de la sección I, el profesor Dieterich describe con lenguaje claro y accesible las diferencias entre la investigación cualitativa y la cuantitativa, aborda la elaboración del protocolo científico, para establecer con propiedad el plan de trabajo del investigador dentro de una estructura conductora. Al final, mediante lo que él llama 'El hilo rojo de la investigación científica', comparte con el lector varias definiciones para plantear claramente el fenómeno u objeto de estudio, en una estructura lógica de investigación empírica.

En la sección II aclara y ejemplifica —con temas estudiados en el año 2000 en el primer módulo (Conocimiento y sociedad) de las 18 licenciaturas de la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco— la delimitación del problema mediante sus ocho procedimientos, e invita a dimensionar y construir el marco teórico por medio de la revisión de literatura y ubicación en su contexto histórico. Continúa el texto explicando uno de los puntos más críticos en el quehacer del investigador: la formulación y caracterización de los diversos tipos de hipótesis, así como los métodos para su verificación tales como la observación, documentación, experimentación y muestreo; continúa disertando sobre el diseño de la muestra y la aplicación y evaluación de encuestas representativas, y concluye con el análisis de los resultados de la investigación y sus conclusiones.

Mientras que en la sección III caracteriza a "El reporte de investigación" como un acto de divulgación y por ello una actividad de comunicación y capacidad del investigador de transmitir apropiadamente los conocimientos adquiridos en el proceso de investigación, además detalla los elementos que lo forman.

Hace 36 años se iniciaron las actividades académicas en la unidad Xochimilco de la UAM, a quienes nos tocó vivir esa experiencia le agradecemos al Dr. Heinz Dieterich la oportunidad de volver a descubrir su Nueva guía para la investigación científica, ahora

revisada y ampliada, porque estamos seguros que esta nueva edición continuará contribuyendo a la óptima formación de estudiantes y profesores, para impulsar nuestra misión inicial y continuar formando profesionales en México apegados a pensamientos científicos y críticos, con capacidad de proponer soluciones a los problemas sociales.

¡Enhorabuena profesor Heinz Dieterich!

Salvador Vega y León

Rector de la Unidad Xochimilco

Universidad Autónoma Metropolitana

Otoño 2011

INTRODUCCIÓN

La fuerza singular de la Nueva guía para la investigación científica consiste en introducir al alumno en el proceso intelectual real de la investigación científica, pues toma al educando de la mano y lo guía paso a paso a través del diálogo entre el investigador y el fenómeno de la realidad que se indaga. No es uno más de tantos "recetarios" sobre la "mecánica de la investigación", ni un libro de referencia que se limita a proporcionar información sobre aspectos particulares del proceso científico. Es una obra que integra magistralmente la epistemología científica (teoría del conocimiento científico) con la metodología científica, mediante ejemplos de la vida cotidiana, con un lenguaje sencillo, pero riguroso.

Después de más de treinta reimpresiones —publicada por primera vez en 1996, bajo el sello editorial Ariel del Grupo Planeta, y libro de texto en universidades de Argentina, Brasil, Colombia, México, Perú, Venezuela, Colombia y Centroamérica— se presenta la nueva edición de esta obra clásica, enriquecida sustancialmente con las experiencias adquiridas durante mi actividad docente a lo largo de más de treinta años y acorde con las nuevas exigencias y necesidades del sector educativo de los niveles medio superior y superior.

Entre las nuevas aportaciones se encuentra la demostración de que la ciencia tiene sus raíces en el pensamiento de la vida cotidiana, es decir, el cálculo preconsciente de espacio-movimiento-tiempo. Este descubrimiento tiene profundas implicaciones pedagógicas, porque permite afirmar que prácticamente todo ser humano tiene la capacidad para ser científico, salvo que las condiciones sociales y educativas en que se desarrolla lo impidan.

De la misma manera explica, con meridiana claridad, el papel particular de la ciencia dentro del "árbol de la vida y del pensamiento humano"; es decir, sus diez sistemas simbólicos principales, e invita a los jóvenes a dedicar su futuro al quehacer

científico que les proporcionará una profesión con buena calidad de vida, en búsqueda de la verdad y con una praxis ética, tal como lo hicieron Marie y Pierre Curie, Konrad Roentgen, Noam Chomsky, Albert Einstein y Carl Sagan, entre muchos otros.

La obra despeja con singular lucidez el frecuentemente confuso debate sobre la investigación cualitativa y cuantitativa, explicando que no se trata de dos tipos de investigación, sino de dos tipos de lenguaje que se utilizan de modo constante en forma integral en la vida cotidiana, al igual que en todo estudio científico. Es imposible actuar sólo con lenguaje cualitativo o con lenguaje cuantitativo. Toda praxis humana requiere del uso combinado de los dos. Lo que varía, por lo tanto, en las investigaciones científicas es el peso específico de cada uno de esos lenguajes que el científico le asigna a su estudio y la precisión de las mediciones que el fenómeno de investigación permite.

Resuelve otro falso debate sobre si la ciencia es destructiva o constructiva, capitalista o socialista, machista o feminista, aclarando que la respuesta a este falso dilema radica en la adecuada comprensión de las tres etapas diferentes que abarca todo proceso de investigación: a) la selección del fenómeno de investigación; b) el uso del método (protocolo) científico, y c) la divulgación de los resultados.

De la misma manera, explica la diferencia entre el protocolo científico y el ensayo científico, y lo deseable de promulgar el uso del protocolo científico en las ciencias sociales, en beneficio de los estudiantes, las universidades y las sociedades de cada país. Además aporta otra innovación importante que es metodológica y socialmente útil, al distinguir la parte social del protocolo científico —que varía en cada institución y de país en país— y su esencia, los cinco pasos del método científico.

Otras contribuciones nuevas aclaran y refuerzan: el importante papel heurístico del título en el planteamiento del problema; la doble manera de poder abordarse el marco teórico, como revisión de la literatura pertinente actualizada (ciencias naturales) o como análisis de su secuencia histórica (ciencias sociales); una mayor explicación del proceso de verificación de las hipótesis, con particular énfasis en los siete requisitos del experimento, la muestra

estadística y la evaluación estadística de los datos obtenidos, y la muestra de control de calidad mediante la distribución de probabilidad binomial, por medio de un texto ampliado del maestro Agustín Porras, de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). Además de considerar la aplicación del software estadístico Gretl elaborado por el econometrista europeo Allin Cottrel. Para facilitar el uso de esa importante herramienta estadística los profesores Demetrio Pérez Aguilera y Víctor Manuel Galván Huerta, de la UAM, aportan un útil instructivo que explica cómo utilizar el programa informático Gretl (anexo 6).

Una novedosa estructura didáctica completa esta obra. Cada paso del protocolo científico se precisa mediante la definición categorial de sus conceptos principales —como son, por ejemplo, el planteamiento del problema, el marco teórico y la formulación y verificación de la hipótesis— seguida por las ilustraciones gráficas de esas definiciones, elaboradas por el destacado artista mexicano Héctor de la Garza. Esta estructura didáctica proporciona un doble acceso de comprensión al alumno, que le permite asimilar el nuevo conocimiento por la vía conceptual y la de imágenes.

El detallado sistema de clasificación decimal de los contenidos refleja la misma preocupación didáctica por el alumno y la misma vocación de claridad lógica que debe caracterizar a toda obra de metodología científica. Tal sistema permite encontrar con facilidad los tópicos buscados, la jerarquía lógica entre los argumentos centrales (troncales) y sus derivaciones (ramificaciones), y la comunicación sobre ellos entre los investigadores.

El prólogo del doctor Enrique Fernández Fassnacht y la presentación del doctor Salvador Vega y León complementan la obra.

AGRADECIMIENTOS

La Nueva guía para la investigación científica es una obra elaborada durante toda mi vida académica. Por lo tanto, mi primer agradecimiento va a mi alma mater, la Universidad Autónoma Metropolitana. Alumnos, profesores y autoridades fueron el entorno en que esta obra maduró hasta adquirir su forma definitiva que hoy entregamos a la comunidad científica, al magisterio y al alumnado de México, en particular, y del mundo de habla hispana en general.

Yo entiendo este libro no sólo como una obra profesional para ayudar a aquellos que quieren adentrarse en el fértil valle de la investigación científica, sino también, y no en menor grado, como una expresión de gratitud a la hospitalidad de este país, que se ha convertido en mi segunda patria.

La cultura alemana donde me formé hasta el nivel de doctorado fue, por supuesto, el primer circuito de socialización que me proporcionó el valor del pensamiento metódico, del rigor, del cumplimiento y de la ética de la verdad. Mis profesores de la escuela de Frankfurt, entre ellos Theodor W. Adorno, Max Horkheimer y Juergen Habermas, sembraron la semilla del pensamiento crítico y dialéctico.

Con amor a distancia, mi familia en Alemania acompañó esta odisea de mi vida universitaria que me llevó a muchos países de la sociedad global.

No he querido mencionar a amigos, colegas y familiares por nombre pero como excepción a esta regla quiero expresar mi agradecimiento a mi amiga Soledad Bravo, profesora de química y matemática de la Universidad Autónoma Metropolitana, y a Reynita, infalible compañera de trabajo y amiga, también de la UAM; a Laura y Gerardo en Ixtapan de la Sal, pues su pequeño hotel fue un fértil oasis de trabajo para mí.

Un lugar particular ocupan mi siempre solidaria hermana Hilde que me proporcionó desinteresadamente las obras en alemán e inglés —

de su librería en Rotenburg— que mi trabajo requería, y Sandra Mirna la compañera de mi vida que me ha acompañado durante veinticinco años en esta odisea, acercándose paso a paso a la belleza de la ciencia y contribuyendo, con preguntas desinhibidas, a su sensibilidad didáctica.

Finalmente debo mencionar al Maestro Juan José Chagolla del Instituto Michoacano de Ciencias de la Educación, quien observó con paciencia y empatía el prolongado proceso de gestación de este texto.

Todos ellos, de diferente manera, están presentes en esta obra. Para ellos mi gratitud.

Heinz Dieterich

I. DE LA VIDA COTIDIANA A LA CIENCIA

1. SER CIENTÍFICO PARA VIVIR CON CALIDAD DE VIDA

Marie Curie Pierre Curie

Yo pertenezco a aquellos que creen que la ciencia es algo muy bello. El científico en su laboratorio no es sólo un técnico. Se encuentra ante los misterios de la naturaleza con la misma reverencia que un niño ante un cuento de hadas. No deberíamos aceptar la idea de que todo el progreso científico se puede reducir a mecanismos, máquinas y diferentes tipos de engranajes... Yo no temo que el amor a lo desconocido y el deseo por la gran aventura en la época contemporánea estén amenazados por la destrucción. Lo más vivo de todo lo que veo a mi alrededor son precisamente ese deseo y ese amor, que no pueden eliminarse y que están relacionados en lo más íntimo con la curiosidad científica.

MARIE CURIE

Premio Nobel de Química y Física

1.1 LAS SIETE VIRTUDES DE LA VIDA CIENTÍFICA

A todo ser humano le gusta vivir bien, es decir, disfrutar de una alta calidad de vida. Como calidad de vida entendemos el acceso a tres tipos de condiciones de la vida humana: satisfactores materiales, culturales y de valores (valorativos). Entre esos satisfactores podemos mencionar: salud, alimentación, educación, vivienda digna, comunicaciones (transporte, teléfono, internet), agua potable, un medio ambiente armonioso, un trabajo con ingreso adecuado, seguridad laboral, procedimientos democráticos políticos, respeto a los derechos humanos, seguridad cívica, igualdad ante la ley, no discriminación por género, etnia, situación social o preferencia sexual, libertad de asociación, búsqueda y expresión de la verdad, libertad de movimiento y un patrimonio privado no excesivo, adquirido legal y legítimamente.

Muchos de esos satisfactores que garantizan la calidad de vida requieren de un ingreso o de una capacidad adquisitiva alta. Las personas que no disponen de esta capacidad adquisitiva muchas veces viven en condiciones de privación y de vulnerabilidad ante las enfermedades, el desempleo y las injusticias, y posiblemente no podrán darle a sus hijos las condiciones del entorno que necesitan para crecer y desarrollarse de manera adecuada.

Algunos de los alumnos que estudien esta guía habrán nacido en familias acaudaladas, pero éste no será el caso de la gran mayoría. La gran mayoría que quiere un futuro con calidad y sentido de vida adecuados tendrá una sola vía para alcanzar tal meta: la educación. Su formación universitaria o técnica es el único camino que los jóvenes tienen a su alcance para construirse una existencia satisfactoria. Si no aprovechan la oportunidad que ofrece la universidad no tendrán la calidad de vida con la cual sueñan. Vivir en América Latina significa vivir en el continente con la mayor desigualdad social del mundo entero. Un subcontinente plagado por la miseria y las injusticias y caracterizado por la falta de soberanía política y de economías y tecnologías competitivas. En este entorno, estudiar de manera científica es la mejor y, muchas veces, la única forma de superar la miseria y el atraso. Es decir, si quieres salir de

la pobreza y carencia y decidir tu propia vida, estudia y conviértete en un pensador y trabajador científico.

Si decides dedicarte en tu futura vida profesional a la ciencia obtendrás siete grandes ventajas sobre otros trabajos remunerados:

1) Tendrás un mayor ingreso, porque las economías del siglo XXI se basan en el conocimiento científico. De tal manera que a mayor educación corresponde, en términos generales, un mayor ingreso.

2) Con el subdesarrollo de nuestras economías, potenciado por los gobiernos neoliberales de las tres décadas recientes, hay cada vez menos puestos de trabajo calificado y crecientemente más empleo precario en el sector informal. Tu posibilidad de un empleo calificado depende de tus conocimientos.

3) Una gran parte de nuestro tiempo de vida la tenemos que emplear en el trabajo remunerado. Si en lugar de laborar en una línea de ensamblaje o una maquiladora, donde no eres más que un número o un robot en una gran maquinaria, prefieres un trabajo creativo, en el que puedes generar productos e ideas nuevas, esa creatividad te la da el trabajo científico. Una de las mujeres más extraordinarias de la historia, la científica polaca-francesa Marie Curie —doble Premio Nobel, de Química y de Física, por "su demostración de la existencia y aislamiento de elementos radioactivos" (Albert Einstein)—, describía ese encanto y belleza de la ciencia con palabras singularmente hermosas:

Yo pertenezco a aquellos que creen que la ciencia es algo muy bello. El científico en su laboratorio no es sólo un técnico. Se encuentra ante los misterios de la naturaleza con la misma reverencia (Andacht) que un niño ante un cuento de hadas. No deberíamos aceptar la idea de que todo el progreso científico se puede reducir a mecanismos, máquinas y diferentes tipos de engranajes [...]. Yo no temo que el amor a lo desconocido y el deseo por la gran aventura en la época contemporánea estén amenazados por la destrucción. Lo más vivo de todo lo que veo a mi alrededor son precisamente ese deseo y ese amor, que no pueden eliminarse y que están relacionados en lo más íntimo con la curiosidad científica.[1]

4) Como científico buscas encontrar la verdad de los fenómenos y las relaciones entre ellos, tanto en la naturaleza como en la sociedad. Max Planck, el fundador de la física cuántica, definía el objetivo de la ciencia como la búsqueda de "lo independiente que se encuentra detrás de lo dependiente, de lo absoluto que está detrás de lo relativo, y lo permanente detrás de lo pasajero".[2] es difícil imaginarse un trabajo que pueda ser más satisfactorio que esa búsqueda de la verdad.

5) El quehacer científico te permite también una actitud ética y un sentido de la vida, más allá de lo personal, al poder utilizar la fuerza de tu conocimiento en beneficio de otros seres humanos o de la naturaleza. Imagínate la satisfacción si tú contribuyes al desarrollo de una vacuna contra alguna enfermedad peligrosa, como las influenzas, el cáncer, la malaria o el VIH. O si desarrollas un software libre como el Linux o la enciclopedia electrónica Wikipedia, que beneficia a cientos de millones de seres humanos en todo el planeta, sin excluir a aquellos que no tienen dinero para comprarlo, pero que pueden avanzar educativa y profesionalmente con esas herramientas de trabajo. Nuevamente Marie Curie y su esposo Pierre Curie, también Premio Nobel de Física, son ejemplos al respecto. En una ocasión, una periodista le comentó a Marie que podría hacerse rica con los descubrimientos que había hecho junto con su marido. La respuesta fue:

De común acuerdo, Pierre Curie se negó a sacar ventajas pecuniarias de nuestro descubrimiento: no hemos sacado ninguna patente y sin limitación alguna hemos publicado los resultados de nuestras investigaciones, al igual que los métodos de producción del radio. De la misma manera hemos dado toda la información que nos fue requerida a la gente que así lo solicitaba...[3]

Wilhelm C. Röntgen, el descubridor de los rayos X y primer Premio Nobel de Física, actuaba con la misma altura ética que mostraron Marie y Pierre Curie y tantos otros investigadores de alto nivel. Cuando la empresa transnacional alemana AEG pretendía comprar y patentar su extraordinario descubrimiento, le dijo que "...sus

innovaciones y descubrimientos pertenecían a la humanidad y que no debían ser monopolio de empresas particulares a través de patentes y licencias”.[4]

6) Si te sientes identificado con tu pueblo y con tu Patria, puedes utilizar tu conocimiento también para defender a tu país latinoamericano y a la

Patria Grande, como decía Simón Bolívar. Dado que América Latina está dotada de muchas riquezas naturales (petróleo, tierra fértil, agua dulce, biodiversidad, entre otros), desde la invasión europea de 1492, siempre ha habido intereses mezquinos externos e internos que han querido apropiarse de estos recursos. Esos intentos de expropiar los recursos de la Patria Grande (América Latina) se encubren, por supuesto, con discursos falaces. Para desenmascarar a esos discursos y políticas nocivas es necesario el razonamiento científico, porque permite penetrar las falacias y apariencias de la propaganda y descubrir las verdaderas razones e intereses involucrados. Ese argumento es igualmente válido para la defensa de la democracia y de los derechos humanos en nuestros países.

7) La capacidad del pensamiento científico de diferenciar entre la propaganda y los hechos y entre las verdades mentales (subjetivas) y las objetivas actúa como una protección o vacuna virtual contra la manipulación de los seres humanos. Cuando eres ignorante te pueden manejar como un objeto. Si quieres llegar a ser un sujeto, es decir, una persona que sabe decidir de manera autónoma y consciente el rumbo de su vida, no tienes una fuerza más solidaria y amiga que la ciencia crítica. Es el antivirus que protege tu sistema de pensamiento y tu dignidad.

Por todo eso decimos que, si quieres existir como un sujeto con calidad de vida, no hay mejor camino que el de la ciencia y la identificación con sus grandes ejemplos intelectuales y éticos, como los físicos Carl Sagan, Galileo Galilei, Albert Einstein, Max Planck; el biólogo Charles Darwin; los científicos sociales Karl Marx y Friedrich Engels; el linguïsta Noam Chomsky y los físico-químicos Marie y Pierre Curie, entre muchos otros.

Es tu vida. Está en tus manos decidir lo que quieras ser. Apuesta por tu futuro. Vuélvete un científico ético.

1.2 ¿TODOS PODEMOS SER CIENTÍFICOS?

Una de las opiniones más comunes en la sociedad actual es que únicamente las personas más inteligentes pueden trabajar como científicos; que se tiene que haber nacido para serlo. Después de treinta años de enseñar metodología y epistemología (teoría del conocimiento) científica, en diversas universidades de América Latina, sostengo que la absoluta mayoría de los seres humanos, al nacer, tiene el potencial de realizarse dentro del amplio campo de las ciencias sociales y naturales, como biólogos, químicos, físicos, psicólogos, diseñadores, ingenieros, matemáticos, geógrafos o arquitectos, siempre que las condiciones familiares y educativas nacionales permitan fomentar y desarrollar ese potencial natural.

Esto no quiere decir que todos los recién nacidos pueden llegar a ser como Issac Newton, Marie Curie o Albert Einstein. Para lograr los niveles de excelencia de esos científicos se necesitan, sin duda, dotes especiales de la naturaleza, tales como una inteligencia sobresaliente, una gran creatividad y una enorme capacidad biológica de trabajo (vitalidad); además de las condiciones sociales necesarias para desarrollar esas cualidades. Sin embargo, para ser un científico común de nivel medio, es decir, una persona que aprendió el método y la ética científica y está dispuesta y capacitada para utilizarlos adecuadamente, la gran mayoría de los seres humanos calificaría.

Esta afirmación no se basa en una utopía o el sueño de que “un mundo mejor sea posible”, sino en los profundos conocimientos que la ciencia ha generado sobre la naturaleza del ser humano, el homo sapiens o, como algunos prefieren llamarlo, el mono sapiens. Esos conocimientos revelan que fue la evolución de los sistemas biológicos en el planeta azul, que empezó hace unos 3.6 mil millones de años, la que creó las condiciones biológicas necesarias para que la especie del homo sapiens pudiera desarrollar el reino del conocimiento objetivo, la ciencia. La condición decisiva fue la evolución del sistema neuronal humano a través de sucesivas mutaciones genéticas y adaptaciones al entorno.

Con la aparición del homo sapiens en África, hace unos doscientos mil años, la Madre Naturaleza había hecho su parte para que el ser humano se pudiera volver científico. Pero faltaban aún dos condiciones sociales que tenía que crear el ser humano para abrir el camino hacia la ciencia para todos los miembros de la especie. En primer lugar, fue necesario definir con precisión en qué consiste el modelo de razonamiento que llamamos "ciencia" y en qué se distingue de otras formas de raciocinio del ser humano, como el sentido común, el pensamiento mágico, la religión o la filosofía. Si bien las primeras ciencias como la astronomía, la geometría, el álgebra y la lógica se desarrollaron desde hace unos tres a cinco mil años, la elaboración de los cinco pasos que definen el método científico moderno, el llamado protocolo científico, se logró apenas entre los siglos XVI y XVIII de nuestra era, con las aportaciones de múltiples investigadores de diferentes naciones, entre ellos, Nicolás Copérnico, Galileo Galilei e Issac Newton. Después se enriquece cualitativamente el cuerpo de conocimientos y métodos científicos con los paradigmas del siglo XIX y XX de Charles Darwin, Karl Marx, Albert Einstein y Max Planck, entre muchos otros.

En segundo lugar, hacia falta desarrollar sistemas educativos para todos los ciudadanos, independientemente de su género, pertenencia étnica o estado social y económico, a fin de que disfrutaran de su potencial biológico para conocer el mundo de manera objetiva, mediante el paradigma de la ciencia moderna. Hacía falta un avance en las ideas de la igualdad social y del trabajo productivo. Ese avance se dio con las revoluciones burguesas y la revolución industrial en los siglos XVII y XVIII, que requerían una educación formal generalizada para todos los ciudadanos, a fin de aprovechar el potencial talento intelectual de todo individuo. En consecuencia, en los países industrializados se estableció paso a paso un sistema de educación pública, gratuita y laica, que abría las puertas de la ciencia al talento biológico de los ciudadanos.

1.3 PARA HACER HAY QUE INTERPRETAR

El avance de las ciencias informáticas y computacionales nos ha revelado un aspecto fundamental de la vida humana y, en rigor, de todos los sistemas biológicos, que antes estaba oculto: el hecho de que ningún acto práctico del ser humano es posible sin una interpretación previa. Para enfatizar este punto importante: cualquier acto del ser humano sólo es posible sobre la base de una interpretación previa de su entorno y del estado de su propio sistema corporal-psicológico. Este hecho tan poderoso que rige toda nuestra existencia es fácil de entender con un sencillo ejemplo de la vida cotidiana.

Cuando pretendemos tomar una taza de café tenemos que realizar una operación de cálculo extraordinariamente compleja. Tenemos que acercar la mano a la taza, abrir los dedos y cerrarlos y acercar la taza a la boca, y todo ello con tiempos y condiciones reales adecuadamente coordinados. Si acercamos la mano en un ángulo equivocado o si la abrimos demasiado tarde o la cerramos antes de tiempo, entonces la sencilla operación de tomar una tasa de café, un lápiz o lo que sea se malogra. Es evidente, por lo tanto, que la precondición del ser humano para poder actuar exitosamente y, de hecho, sobrevivir es la adecuada interpretación de las tres dimensiones principales de la realidad que rigen nuestra vida: el espacio, el movimiento y el tiempo.

Mencionamos de paso que las tres dimensiones están relacionadas entre sí. Cuando el ser humano relaciona el espacio (la extensión espacial de la materia, sus distancias) con el movimiento “descubre” el tiempo. Un año, por ejemplo, es igual a la distancia que recorre la tierra en torno al sol; un día es igual a una rotación de la tierra sobre su eje. De la misma manera, cuando vincula el espacio con el tiempo puede definir el movimiento (velocidad), por ejemplo, kilómetros por hora. Y al relacionar el movimiento con el tiempo puede determinar las dimensiones del espacio.

Si nuestra afirmación —de que primero se interpreta y después, aunque sea en fracción de segundos, se ejerce la correspondiente

acción física— es correcta entonces surge una nueva pregunta: ¿quién o qué instancia calcula, por ejemplo, en la mesa de desayuno, la distancia espacial entre la persona y la tasa; el ángulo geométrico preciso para extender el brazo; la fuerza muscular o energía necesaria para levantar la tasa?, además ¿por qué nunca vemos que un comensal saca su calculadora de mano para realizar esa vital interpretación? La respuesta es evidente: ese cálculo lo realiza nuestro cerebro y lo realiza de manera subconsciente, es decir, sin que nos demos cuenta de ello.

El cerebro, que está constituido por las sinapsis, que actúan por neurotransmisores químicos y eléctricos, es un sistema de realidad virtual que procesa toda la información del entorno que transmiten los sentidos, junto con la información que posee sobre el estado físico y anímico presente de la persona y la información archivada neurológicamente, de su pasado. Sobre esos "bancos de datos" cerebrales procede a diseñar diferentes escenarios de actuación posible para el ser humano. Por ejemplo, al querer cruzar una calle y ver acercarse un carro a gran velocidad genera diferentes opciones y estrategias de actuación: cruzar la calle caminando (escenario A), corriendo (escenario B) o quedarse en la banqueta hasta que el carro haya pasado (escenario C). El cerebro escoge el escenario o la opción que optimiza los intereses de la persona, en este caso, su supervivencia. Y lo hace sobre el cálculo previo de la relación entre distancia (espacio), velocidad (movimiento) y tiempo disponible.

Este ejemplo nos revela la esencia del complejo sistema de conocimiento (interpretación) que suele llamarse "sentido común" y que podría denominarse también el "pensamiento cotidiano". Opera, como ya dijimos, sin que nos demos cuenta, o sea, de manera preconsciente o subconsciente. Lo sorprendente es que en la mayoría de las actividades cotidianas ese cálculo tiene la adecuada precisión para interpretar el entorno —se aproxima de manera suficiente a la verdad objetiva— para garantizar nuestra supervivencia. Cuando su cálculo falla sufrimos consecuencias negativas, incluyendo la muerte, como lo revela el ejemplo del cruce de la calle, en el apartado 1.5.

1.4 EL SENTIDO COMÚN COMO FUNDAMENTO DE LA CIENCIA

La base de nuestra subsistencia, por proporcionarnos la interpretación cotidiana instantánea del mundo, es el sistema simbólico o sistema operativo básico del homo sapiens, que llamamos pensamiento cotidiano o sentido común. Su esencia es el cálculo preconsciente de espacio-movimiento-tiempo y, como tal, es compartido en menor o mayor grado por todos los sistemas biológicos. De hecho, un animal que no tuviera esa capacidad interpretativa básica estaría destinado a desaparecer, como ilustra el ejemplo de un león que caza a una cebra. Para que sea exitoso su ataque el depredador tiene que relacionar adecuadamente, al menos, las siguientes variables del escenario: a) la velocidad de ambos animales (alrededor de 55 kilómetros por hora), b) la distancia que los separa, c) el momento (tiempo) en que es viable el salto, d) el ángulo del salto y e) la fuerza impulsora que requiere el salto.

Calcular la relación entre esas cinco variables dinámicas, cuyos valores cambian de segundo a segundo, sería una tarea que sobrepasaría la capacidad racional de la absoluta mayoría de los seres humanos. Probablemente sólo los físicos, ingenieros y matemáticos podrían resolverla después de un difícil y laborioso cálculo. ¿Cómo logra entonces hacerlo incontables veces con éxito el león que, por supuesto, no tiene razón ni conocimientos matemáticos? La respuesta se encuentra en el proceso de evolución de la materia biótica. Cuando hace 3.6 mil millones de años aparecieron los primeros sistemas de vida o entes biológicos en la tierra tuvieron que defenderse y reproducirse en sus nichos ecológicos situados en un mundo espacial y en continuo movimiento (cambio); lo que, como explicamos en el párrafo anterior, requiere la capacidad de interpretar adecuadamente ambas dimensiones de la existencia terrestre. Teniendo presente que el tiempo es una noción derivada de la relación entre espacio y movimiento, los animales desarrollaron en sus sistemas nerviosos y cerebrales la capacidad para coordinar las dimensiones de espacio, movimiento y tiempo, como precondición de su supervivencia. Lo que nunca lograron desarrollar son nuestros lenguajes abstractos y

cuantificadores.

¿Cuál es la relación entre esa interpretación preconsciente de espacio-movimiento-tiempo de los animales y el sistema simbólico humano que llamamos “matemática”? Es una diferencia cualitativa. La matemática es un lenguaje artificial, compuesto por símbolos y relaciones abstractas, que no maneja ningún sistema biológico. Chimpancés y bonobos pueden llegar con años de entrenamiento intensivo al nivel comunicativo de un bebé humano de dos años, pero ésto es lo máximo que logra el reino animal. De ahí que la matemática representa un salto cualitativo en la evolución de las especies. Es un salto cualitativo aportado por la cultura humana sobre la base del cálculo espacio-movimiento-tiempo empírico natural preconsciente, que nos ha dado la evolución biológica de 3.6 mil millones de años. Todo indica que fueron los sumerios quienes hace más de 5 000 años inventaron los primeros números. Posteriormente, otras culturas en Euroasia (hindúes) y América (mayas) avanzaron en el conocimiento de las relaciones entre estos números; pero en particular fueron los griegos los que hace 2 600 años profundizaron en la geometría, la trigonometría y el álgebra, dándonos muchas de las reglas explícitas que hoy nos permiten manipular concientemente dichos símbolos y calcular con extrema precisión los fenómenos del mundo real, dominándolos.

1.5 LOS TRES PUENTES ENTRE SENTIDO COMÚN Y CIENCIA

1.5.1 Espacio-movimiento-tiempo

Antes de explicar la relación entre los razonamientos del sentido común y los de la ciencia, tenemos que abordar una paradoja y una interrogante. La paradoja consiste en el hecho de que el cálculo de espacio-movimiento-tiempo que realizamos subconscientemente en cada fracción de segundo, con una extraordinaria perfección, habitualmente no lo lograríamos hacer de manera consciente. Porque es evidente que habría muy pocas personas con suficientes conocimientos de matemática, física y medicina para calcular con precisión científica las distancias, velocidades y tiempos necesarios para cruzar de manera segura una calle. Esta relativa incapacidad humana de calcular conscientemente lo que calculamos con facilidad de modo preconsciente es una de las razones por las cuales es imposible sustituir el sentido común, como base de la vida cotidiana, mediante la permanente aplicación del raciocinio científico.

La interrogante que nace es la siguiente: Si el sentido común puede realizar esos maravillosos cómputos de espacio-movimiento-tiempo, ¿para qué necesitamos a la ciencia? La respuesta es más que evidente. El cálculo del pensamiento cotidiano es una aproximación a la realidad del entorno, es decir, una verdad aproximativa y, por lo general, suficiente para los escenarios de la vida cotidiana. Sin embargo, existen muchas situaciones que requieren una mayor precisión en la interpretación de la realidad a fin de poder tomar decisiones adecuadas y optimizar los intereses de un sistema. Es en estas situaciones cuando se requiere de la ciencia, porque la ciencia es el único método de análisis que nos proporciona un conocimiento exacto y, por lo general, cuantitativo sobre la realidad en la cual tenemos que sobrevivir.

El ejemplo del cruce de una calle, mencionado en el apartado 1.3, nos ilustra la diferencia. Al ver acercarse un carro el peatón puede

cruzar la calle caminando (escenario A), corriendo (escenario B) o quedarse en la banqueta hasta que el carro haya pasado (escenario C). Su cálculo preconsciente de espacio-movimiento-tiempo decide su acción, con el riesgo de que ese cálculo preconsciente no sea adecuado y ponga en peligro su vida.

Los riesgos del cálculo espacio-movimiento-tiempo precientífico

Si la persona quiere estar segura de poder cruzar la calle sin riesgo tiene que realizar un cálculo o modelo matemático del siguiente tipo:

La calle tiene seis metros de ancho, pero a 30 metros ve un coche que viene en medio de la calle a 60 km/h. El peatón camina a una velocidad de 6 km/h y tiene que decidir si cruza o si espera a que el carro pase, para no ser atropellado.

Carro: 60 km/h = 1 km/min

Persona: 6 km/h = 0.1 km/min

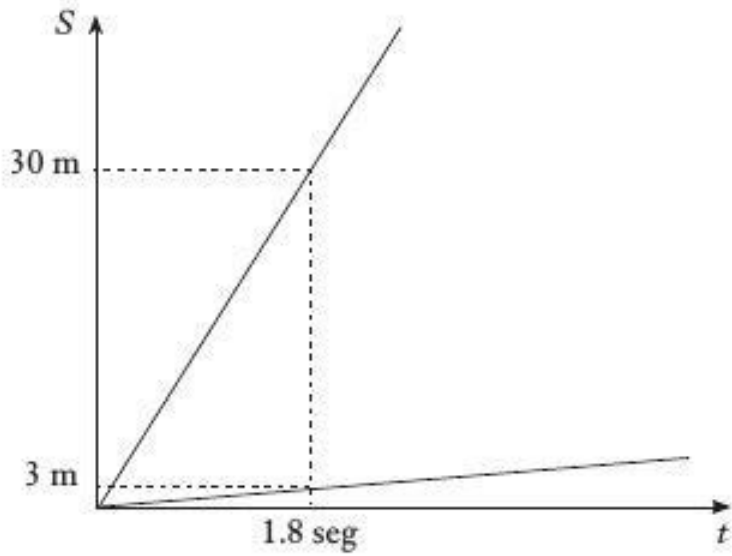
$$S = Vt$$

$$t = \frac{S}{V}$$

$$\text{Carro: } t = \frac{30\ m}{1\ 000\ m/min} = 0.03\ min = 1.8\ segundos$$

$$\text{Persona: } t = \frac{3\ m}{100\ m/min}\ \ 0.03\ min = 1.8\ segundos$$

Esto significa que la persona estará a media calle en 1.8 segundos y en el mismo tiempo el carro habrá recorrido los 30 metros, es decir, la persona será atropellada. En la gráfica está representada la función lineal tanto para el carro como para la persona, con las variables: S = distancia; V = velocidad; t = tiempo



1.5.2 Conjetura-hipótesis

El cálculo empírico preconsciente de espacio-movimiento-tiempo no es el único puente que vincula el razonamiento de la vida cotidiana orgánicamente con el modelo del razonamiento científico. Existen, al menos, dos aspectos más que le son comunes al actuar cotidiano y a la praxis científica. Por una parte, el carácter hipotético o de conjetura de nuestros actos de sentido común y, por otra, su carácter experimental.

La interpretación de la realidad es una precondición indispensable para todo acto práctico del ser humano. Sin embargo, una vez hecha la interpretación del entorno, tenemos que escoger entre las diferentes alternativas de acción (cruzar la calle, esperar, usar el puente) que tenemos disponibles. Esta decisión es también una función del cerebro. El sistema cerebral compara las diversas opciones que tenemos y selecciona aquella que probablemente nos dará los mejores resultados. Esta comparación y selección toma la siguiente forma de conjetura: “Si cruzo la calle corriendo llego seguro al otro lado”. O en otro ejemplo: “Si salgo a las 07:00 horas de la casa llego puntual a las 08:00 horas al trabajo”.

Este tipo de conjetura que tiene la forma gramatical de una proposición condicional, si X entonces Y, se encuentra también en el protocolo científico precisamente en las hipótesis. En ambas formas de pensamiento, sentido común y ciencia, se refiere a la probabilidad con que un evento e2 se realiza a consecuencia de un evento e1, después de haber transcurrido un intervalo de tiempo t. Lo que distingue la conjetura del pensamiento cotidiano de la conjetura de la ciencia, que se llama hipótesis, es el rigor de la segunda, en el sentido de que tiene que cumplir con requisitos metodológicos y empíricos que no se aplican a la conjetura del razonamiento del sentido común.

1.5.3 Carácter experimental

De las dos características mencionadas del pensamiento cotidiano,

la noción preconsciente (aproximativa) de espacio-movimiento-tiempo y la conjetura sobre el mejor escenario posible para la acción propia, se deriva la tercera característica de todo pensamiento y comportamiento humano: su aspecto experimental. Esta característica es omnipresente desde el intento de cruzar una calle o controlar una pulmonía con un determinado antibiótico, hasta las grandes iniciativas de los gobiernos cuando, por ejemplo, tratan de combatir la inflación con el aumento de las tasas de interés.

En la vida cotidiana como en la ciencia sólo después (post festum) de haberse realizado el acto físico (experimento) sabemos si fue un éxito o un fracaso. Sin embargo, hay una diferencia importante entre ambos tipos de actuación experimental: al igual que en el caso de la conjetura y la hipótesis el experimento cotidiano y el experimento científico son de diferente rigor. El científico sigue un estricto protocolo de pasos y métodos aceptados por los miembros de la comunidad científica. Se trata de un protocolo intersubjetivo, mientras que el carácter experimental de lo cotidiano depende esencialmente de la idiosincrasia de la persona que actúa, hecho por el que es, en gran medida, individual, espontáneo y subjetivo.

1.6 EL ÁRBOL DEL PENSAMIENTO HUMANO

Como la interpretación preconsciente o consciente del espacio-movimiento-tiempo siempre antecede al acto práctico y no se puede actuar sin ese cálculo previo, queda claro que la supervivencia misma del ser humano y su calidad de vida dependen primordialmente de la calidad de sus sistemas o softwares de interpretación. Conviene, por lo tanto, analizar brevemente algunos de esos sistemas de interpretación o lenguajes que son parte del universo simbólico del hombre.

En esencia ese universo simbólico comprende los siguientes sistemas o lenguajes de razonamiento: 1) el sentido común o pensamiento cotidiano; 2) el mítico; 3) el mágico; 4) el metafísico-religioso; 5) el moral-ético; 6) el estético; 7) el artístico; 8) el jurídico; 9) el filosófico, y 10) el científico. Aunque todos se basan en el material genético (ADN) del ser humano, que a su vez resulta de la evolución de 3.6 mil millones de años de la materia biológica en la tierra, las diferencias entre ellos son considerables, en cuanto a la influencia que tienen en las personas y la sociedad, como en lo referente a la objetividad del conocimiento que producen. Si construimos una escala según su racionalidad, objetividad y potencial de control objetivo del mundo, la ciencia moderna sería el sistema de conocimiento que supera a todos los demás. En el lado inferior de la escala estarían probablemente el pensamiento mítico y mágico. Posibilitado por los lenguajes humanos, la ciencia es un producto enteramente cultural. No se encuentra en ningún otro sistema biológico del planeta azul.

La prolongada existencia de esos modelos o tipos de razonamiento del homo sapiens se debe a que cumplen diferentes pero vitales funciones para la supervivencia del ser humano. Eso se explica porque todos, menos la ciencia moderna, han existido desde la aparición del hombre moderno, hace cien mil años, y porque generalmente no se puede sustituir uno por otro.

El sistema del sentido común o pensamiento cotidiano, con su núcleo del cálculo espacio-movimiento-tiempo, es la base de

comportamiento de todo sistema biológico que tiene que reproducirse biológica y económicamente en su hábitat ecológico. Si usamos una analogía simplificadora de las computadoras podemos entender este sistema de conducción como el sistema operativo básico de la materia biológica o de los sistemas de vida (system software). Se trata de un lenguaje (vehículo mental) que opera en gran medida en el subconsciente o preconsciente que nos da, por lo general, un cálculo adecuado del espacio, del tiempo y de los movimientos del entorno para sobrevivir. Ese lenguaje se compone de muchos otros elementos, como los reflejos condicionados, cambios de conducta operante por estímulos y gratificaciones, angustias, etcétera. Sufre, además, de grandes debilidades interpretativas, como las generalizaciones indebidas, los prejuicios, las falacias de raciocinio lógico, la falta de rigor conceptual, los engaños de los sentidos, los argumentos ad hominem, etcétera. Sin embargo, con todos sus problemas, es un sistema imprescindible para la supervivencia y, en balance, es de muy alta eficiencia en la manutención de nuestra vida.

Si entendemos el pensamiento cotidiano como el sistema operativo de los sistemas biológicos (system software), entonces podemos entender a los demás sistemas simbólicos mencionados como paquetes de aplicación (application software) del homo sapiens, destinados a realizar ciertas funciones o tareas específicas de la praxis humana. En el caso de la computadora, por ejemplo, escribir textos (Linux), conectarse a internet (Firefox), hacer cálculos numéricos (Excel), realizar dibujos (Corel Draw, Power Point), registrar la contabilidad (SAP), entre muchos otros.

El pensamiento mítico aparece en la aurora de la humanidad. Es el primer intento conciente del ser humano de orientarse en el universo, proyectando sobre él un orden que lo hiciera entendible y previsible. En ese orden, inventado por la mente humana, operaban fuerzas creadoras y destructoras; buenas y malas; divinas y seculares; en las alturas y en las tinieblas; secuencias de causas y efectos en el tiempo. En resumen, movimientos objetivos observables del universo, interpretados y distorsionados de manera antropocéntrica y antropomorfista. El “lente” de la visión e interpretación era el orden social de la comunidad que se proyectaba sobre los fenómenos para darles alguna racionalidad y

sentido. El mito respondía a la condición antropológica del homo sapiens de no poder vivir en un mundo caótico que es, por definición, un mundo imprevisible por la falta de coordenadas que permiten orientarse y controlarlo. La necesidad de clasificar el mundo en sistemas de orden y desorden era la razón práctica que hizo nacer los mitos de los pueblos.

El pensamiento mágico comparte con el mítico la necesidad de dominar el entorno, que en parte es previsible y en otra es imprevisible (caótico). Se trata de una necesidad práctica de supervivencia que procura, como cien mil años después lo procura la ciencia, comprender el cosmos en términos de causa-efecto. Sin embargo, al no disponer del método científico el ser humano crea cadenas de causa-efecto ficticias que sólo existen en su mente; que no son objetivas como las que identifica y cuantifica la ciencia. Una sequía que amenaza con destruir a una comunidad humana es interpretada (de manera antropomorfista) como el castigo de un Dios iracundo. El sacrificio de algo valioso y puro de la comunidad, como una niña, pretende conjurar la ira de la fuerza "divina" y salvar a la comunidad. Pero se trata de un fatal error de pensamiento de la comunidad. Entre el fenómeno meteorológico "sequía" y el sacrificio de una vida humana no existe relación causal alguna. El erróneo diagnóstico subjetivista de la realidad, distorsionado por el sujeto que lo produce, conlleva a la falla del remedio. La comunidad temprana intuye correctamente que el diagnóstico adecuado de la realidad es la precondición para una praxis exitosa; pero no dispone todavía de la ciencia para lograrlo. Podríamos decir que cae víctima de una correlación o ley social, que estipula que a peor nivel de diagnóstico corresponde una menor capacidad de influenciar el entorno y garantizar la supervivencia. No obstante, la comunidad está indefensa porque vive en un mundo imaginario de causa-efecto.

El origen del pensamiento religioso es la fragilidad e indefensión del ser humano ante los poderes de la naturaleza y de la sociedad, desde los sismos, los huracanes y las enfermedades hasta el desempleo, la represión del estado y los vaivenes del mercado mundial. Todo sistema biológico está genéticamente programado para defender su existencia y, por eso, trata de evitar la muerte. Sin embargo, en la especie más avanzada, el ser humano, su conciencia

le revela que vive una paradoja existencial. Por una parte, está programado para defender su vida y, por otra, sabe que está programado para la muerte, debido a que su organismo biológico, en promedio, no se reproduce más allá de los 76 años. Ante el deseo de vivir y lo inevitable de la muerte se inventa una "vida eterna" que la naturaleza no ha previsto para la especie: el más allá, el paraíso, el Jardín de Edén.

Al igual que el pensamiento mágico se trata de una solución ficticia, falsa, subjetivista. Es un software-placebo que le puede proporcionar a la persona una tranquilidad psicológica engañosa, pero que le ayuda a controlar sus miedos ante la muerte. Mientras el ser humano no tenga la fuerza individual de aguantar el factum de su existencia pasajera, habrá la religión y los otros sistemas ideológicos de placebo que le prometan soluciones que no existen, por el simple hecho de que la evolución no las ha desarrollado. En este sentido, la tesis de la ilustración europea de que la religión e iglesia católica solamente existían por la falta de educación del pueblo y la manipulación de la iglesia, no entendió la raíz antropológica más profunda del sentimiento religioso y demás sistemas simbólicos de solución ficticia, como la magia y la astrología, del homo sapiens.

La moral y la ética son tan antiguas como la existencia del ser humano; son, en esencia, las reglas de comportamiento de la manada, definidas como cánones normativos que regulan la convivencia de los individuos en grupos sociales. Mientras las leyes imponen el comportamiento definido por la sociedad/Estado desde el exterior del individuo, con la policía y la justicia, la moral y la ética son básicamente instancias internas del homo sapiens, que le informan sobre las condiciones de una praxis solidaria deseable. Esas normas son asimiladas por las personas, esencialmente por obra de los padres, la sociedad y el Estado; interpretan y definen los valores imperantes en una sociedad como positivos y negativos y son internalizadas como paquetes de aplicación del software del individuo y de los grupos sociales. La diferencia fundamental con la justicia es la siguiente: en el caso de la ley el Estado decide lo que hay que hacer; en el caso de la ética es el sujeto mismo. La ley es una obligación externa, la ética es un compromiso voluntario del adulto de actuar de manera solidaria y respetando los derechos

humanos para no convertirse en victimario de los demás.

En el pensamiento y sentir estético se combinan elementos eróticos (amor al cosmos), lúdicos y de placer con aspectos útiles para la supervivencia práctica. La sensibilidad estética nos permite sentir placer en la presencia de determinados colores, sonidos, olores, formas, texturas, proporciones, luces y sombras, tacto y, de la misma manera, adornar y embellecer un espacio físico o un objeto o sujeto de tal forma que agrada a nuestros sentidos. A semejanza de sus funciones en el reino animal, la estética permite, entre otras cosas, intimidar al otro (símbolos, pintura de guerra); impresionar y atraer eróticamente a los demás miembros de la especie (maquillaje, lociones, ropa); establecer relaciones con el supramundo e inframundo (los dioses y la muerte) y cazar a animales mediante la imitación. Sin embargo, la estética trasciende la utilidad. Es una constante antropológica. Podríamos comer en platos que fueran simplemente funcionales en forma y color, pero preferimos platos que tienen adornos y formas elegantes. De hecho, por lo general procuramos modificar nuestro mundo creativamente de tal forma que sea agradable a nuestros sentidos.

La disposición natural estética que la evolución nos ha dado se eleva en los grandes creadores humanos a la dimensión del arte. Su singular creatividad les permite generar obras que van más allá de lo “bonito”, como por ejemplo, en la artesanía. Esos artistas plasman no solamente el momento histórico en que se produce la obra, sino sus eternos aspectos positivos y negativos; sus conflictivas y simbióticas relaciones con la sociedad y con la naturaleza; sus tragedias y epopeyas; su generosidad y egoísmo; lo bello y lo terrorífico; su naturaleza colectiva de animal de manada y su necesidad existencial de ser sujeto.

En la actualidad es ese aspecto trascendente del arte el que permite al espectador disfrutar las obras de cualquier cultura y de cualquier tiempo. El arte es, junto con la ciencia, el único sistema simbólico del hombre que permite reconstruir en sus creaciones el mundo tal como existe. Nos da conocimiento objetivo del mundo. Pero, a diferencia de la ciencia, expresa sus verdades por lo general en lenguajes cualitativos (música, pintura, esculturas) fuertemente subjetivizados que dificultan su comprensión y asimilación por

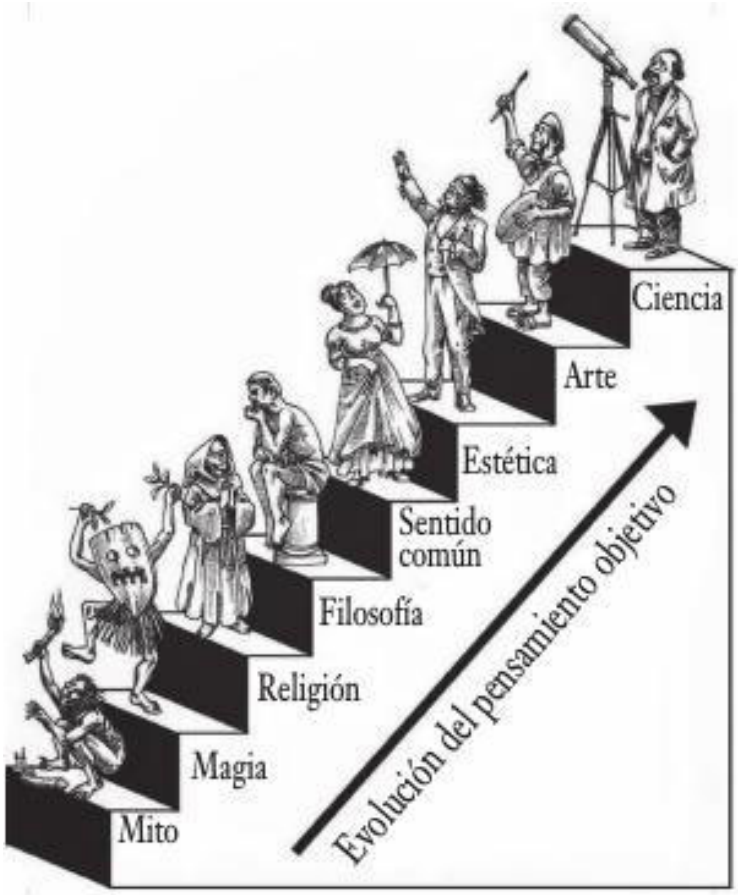
parte del ciudadano común. A semejanza de la ciencia, el arte no sólo comparte su base material genética (la capacidad estética) con todos los seres humanos, sino que requiere también una enorme aportación de la cultura. Como lo expresa en forma dramática el gran artista italiano Leonardo da Vinci en su Tratado de la pintura, en el que habla sobre la perspectiva y el arte de la pintura: “Que nadie que no sea matemático lea mis obras”.

El pensamiento filosófico, a semejanza del mito y de los sistemas de respuestas ficticias, se ha dedicado a buscar respuestas (razones) acerca del origen y orden de las cosas, del sentido de la existencia y de la incógnita sobre las condiciones bajo las cuales el ser humano puede comprender el mundo. Este empeño lo convirtió históricamente en el puente entre los mitos, los sistemas de respuestas ficticias y la ciencia moderna. Avanzó la calidad de los métodos y categorías del pensamiento, sin llegar al rigor de la ciencia moderna y a su elemento específico y distinguido: el protocolo científico. Muchas de sus tareas hoy día están siendo cumplidas por las ciencias y se ven pocas contribuciones de importancia de los filósofos actuales a la solución de los grandes problemas de la humanidad.

Si clasificamos la función específica de cada uno de estos sistemas podemos decir que el mito, la magia, la religión, el derecho, el sentido común y la moral/ética son lenguajes primordialmente pragmáticos que pretenden ordenar e influenciar el entorno del ser humano o su comportamiento social. La estética, en cambio, es un sistema pragmático-erótico en el sentido del Eros de los griegos, es decir, del amor al universo, a diferencia de los impulsos agresivos y destructivos (Thanatos). El arte es un lenguaje analítico-erótico, la filosofía en sus mejores exponentes es analítica y la ciencia es analítica y pragmática por esencia. La ley, en cambio, no es un sistema analítico con fines de producción de conocimiento objetivo, sino un régimen de aplicación analógica y casuística del poder de una sociedad y su estado estructurado por los intereses de las elites dominantes.

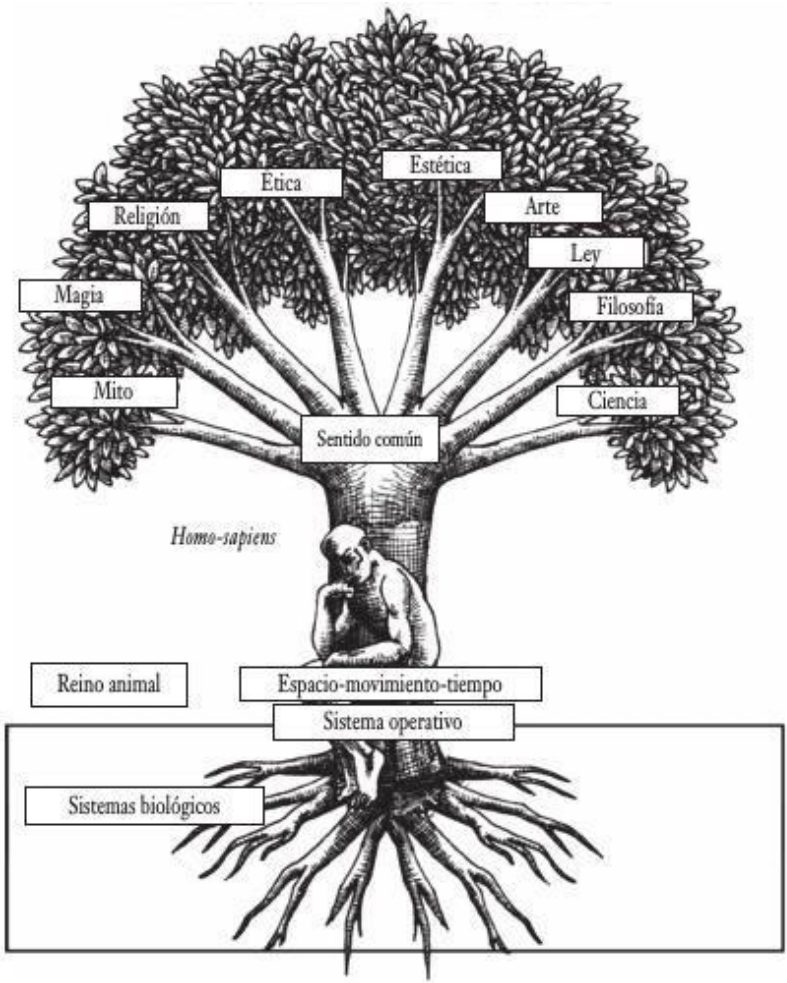
Si ordenamos esos lenguajes en escala ascendente según su capacidad cognoscitiva objetiva, o sea, su capacidad de producir conocimiento objetivo, entonces obtenemos la siguiente gráfica.

EL PENSAMIENTO HUMANO SEGÚN SU GRADO DE OBJETIVIDAD



Si ilustramos los sistemas de pensamiento del ser humano desde una perspectiva evolutiva (de antropogénesis), entonces obtenemos el árbol del pensamiento humano desde sus raíces en el cálculo espacio-tiempo-movimiento del reino biológico, hasta la ciencia moderna desarrollada a partir del siglo XVI.

EL ÁRBOL DEL PENSAMIENTO HUMANO



Peter Ksoll y Fritz Vögtle, Marie Curie, Ed. Rowohlt, Hamburgo, 1997, p. 130.

Armin Hermann, Planck, Ed. Rowohlt, Hamburgo, 1995, p. 29.

P. Ksoll y F. Vögtle, op. cit., p. 79.

Er sei der Auffassung, "...dass seine Erfindungen und Entdeckungen der Allgemeinheit gehoïren und nicht durch patente, Lizenzverträge

und dergleichen einzelnen Unternehmungen vorbehalten bleiben dürften".

2. NUESTRA CIENCIA: LO MÁS PRECIADO

Toda nuestra ciencia, comparada con la realidad, es primitiva e infantil...

y sin embargo es lo más preciado que tenemos.

ALBERT EINSTEIN

Premio Nobel de Física

2.1 LOS CUATRO SIGNIFICADOS DE “CIENCIA”

En un sentido amplio el término ciencia abarca cuatro aspectos de la realidad: a) las instituciones cuyo quehacer consiste en realizar actividades vinculadas con la ciencia, principalmente las universidades y centros de investigación públicos y privados; b) las teorías y conocimientos científicos elaborados a lo largo de los últimos 4 000 años de la historia humana y, sobre todo, desde la génesis de la ciencia moderna en el siglo XVI; c) el sujeto cognoscente o investigador, y d) el método científico que es un procedimiento o una estrategia particular de cinco pasos para interpretar el universo de una manera objetiva (intersubjetiva). En esta obra nos ocuparemos primordialmente del método científico.

2.2 VERDAD MENTAL Y VERDAD OBJETIVA: APARIENCIA Y ESENCIA

Al inicio de todos los esfuerzos interpretativos del mundo circundante que hiciera el hombre estuvo la necesidad y el deseo de comprender el por qué de los fenómenos (sequías, enfermedades, inundaciones, muerte, etcétera), para poder protegerse de ellos y, si fuera posible, controlarlos para su propio provecho. Sin embargo, los sistemas interpretativos con los que estaba dotado de manera natural eran inadecuados para tal tarea, porque con frecuencia los fenómenos no son lo que parecen y no parecen lo que son. Quiere decir que hay una diferencia entre la apariencia y la esencia o la realidad verdadera (objetiva) de las cosas. Estamos familiarizados con esta experiencia por el mundo social, donde a menudo las personas no son lo que aparentan o aparentan lo que no son. Pues bien, algo semejante sucede con los fenómenos naturales y, en consecuencia, el ser humano se encuentra ante un problema epistemológico (del griego: episteme = saber y logos = tratado) o de conocimiento de la realidad objetiva, que lo ha acompañado a lo largo de su historia.

Podemos comprender la diferencia entre la apariencia y la esencia de los fenómenos, también como la diferencia entre las verdades mentales o subjetivas, y las verdades reales u objetivas. Un ejemplo de este problema epistemológico, causado por las diferencias entre lo percibido y lo real, es la puesta del sol o la salida de la luna. Todas las tardes presenciamos con nuestros propios sentidos como el sol “se pone”. Y pese a que lo vemos es, objetivamente, un engaño. En la mecánica celeste el sol no “se pone” y la luna no “asciende” en el cielo. Lo que causa dicha percepción es que el globo terráqueo está en constante rotación sobre su eje y a cierta hora del día este movimiento nos da la impresión de que se está poniendo el sol o que está en ascenso la luna.

De igual manera podemos ilustrar la relación entre la realidad mental (lo percibido) y la realidad objetiva con un episodio de Don Quijote de la Mancha de Miguel de Cervantes: don Quijote contempla la luna y llega a la conclusión de que se trata de un

cuerpo con tamaño y forma de plato que irradia una luz, cuyo color varía entre blanco, amarillo y anaranjado. No obstante, esta interpretación es falsa, porque el conocimiento científico nos ha enseñado que se trata de un astro muy grande, satélite de la tierra, y con forma esferoide que no irradia luz propia sino que refleja la que recibe del sol.

Otros ejemplos ilustrativos son las pinturas artísticas. Pese a que la pintura se aplica sobre un plano horizontal, un buen artista logra darle una perspectiva de profundidad que nos induce a ver la imagen desde un primer plano hasta trasfondos muy alejados. Y lo mismo es válido para una proyección de una película tridimensional.

Este tipo de percepciones del mundo, que no revelan las diferencias entre la verdad mental y la verdad real de los fenómenos, pertenecen al sistema de interpretación que llamamos sentido común, que es la forma natural biológica-genética en que el ser humano percibe el cosmos. De ahí que esos “engaños interpretativos” son difíciles de evitar. De hecho existen sólo dos posibilidades para escaparse de las verdades mentales engañosas. Una consistiría en que nuestras estructuras biológicas —incluido el cerebro— sufrieran un cambio genético, de tal manera que la percepción objetiva se volviera el sistema interpretativo dominante del hombre. Esto es, obviamente, poco probable. El segundo camino para evitar las falacias del sentido común, en lo posible, radica en el análisis del universo mediante la ciencia que tiene la capacidad para protegernos de las trampas de percepción de la vida cotidiana, facilitándonos el método para superar la verdad mental (subjetiva) con la verdad objetiva.

2.3 DIFERENCIAS ENTRE SENTIDO COMÚN Y RAZONAMIENTO CIENTÍFICO

Existen varias diferencias importantes entre la ciencia y los demás sistemas de interpretación. En primer lugar, el razonamiento científico es el único tipo de pensamiento que no le es natural o congénito al ser humano. Éste no lo desarrolla espontánea o biológicamente, determinado por su genética, sino por medio de un esfuerzo mental deliberado y disciplinado. En este sentido podríamos considerarlo un pensamiento o lenguaje artificial, frente al carácter natural de los demás sistemas simbólicos. Tal característica explica su aparición relativamente tardía en la historia humana, a tal grado que se considera la génesis de la ciencia moderna a partir del siglo XVI, vinculada a la gran obra del físico italiano Galileo Galilei (1564-1642). Asimismo, el término "científico" apenas comienza a utilizarse desde 1841, cuando es acuñado por el historiador inglés William Whewell. El tamaño de la comunidad científica es, también, muy reducido aunque con tendencia creciente. A finales de los años setenta del siglo XX, el Premio Nobel Peter B. Medawar estimaba el número de científicos en el mundo entre 750 mil y un millón.

La segunda particularidad de la ciencia radica en el hecho de que constituye el único sistema simbólico capaz de generar un conocimiento objetivo (certero) y numéricamente preciso sobre los fenómenos del universo, tal como explicamos en páginas anteriores.

La tercera particularidad de este singular sistema de interpretación consiste en que produce y expresa sus conocimientos, siempre que el fenómeno de investigación y el desarrollo de la metodología lo permitan, en forma cuantitativa, empleando la medición y la matemática. Procura sustituir enunciados cualitativos como, por ejemplo, "el objeto X es muy grande", por enunciados cuantitativos basados en escalas internacionalmente consensuadas como "el objeto X mide 20 por 80 por 90 centímetros".

Por último, el lenguaje y las reglas del quehacer científico permiten comunicar sus resultados de una manera intersubjetiva —quiere

decir, independientemente de las características y opiniones particulares de las personas— y por ende comprobables por todo ciudadano que tiene la inteligencia y preparación, la disposición y los recursos para emplear las reglas de este quehacer.

2.4 IMPOSIBLE ANALIZAR SIEMPRE CIENTÍFICAMENTE

Ante las deficiencias del pensamiento mágico, del sentido común y, en general, de todas las formas de interpretación naturales se hace imperativa la siguiente pregunta: ¿por qué el hombre no trata de abolirlas para ya sólo pensar de manera objetiva? La respuesta es triple.

En primer lugar, para la gran mayoría de las actividades cotidianas no se requiere la generación del conocimiento profundo y preciso que proporciona la ciencia. Como se trata de quehaceres rutinarios y habituales es suficiente el uso de conocimientos nocientíficos, reflejos condicionados, conductas innatas y aprendizaje empírico cotidiano.

En segundo lugar, sería imposible que alguien razone constantemente de manera científica para interpretar y conocer el mundo o que "traduzca" sus observaciones de sentido común en lenguajes científicos, como ilustran dos breves ejemplos.

Cuando una persona se acerca a una silla y la jala para sentarse en ella realiza —sin darse cuenta— el extraordinariamente complejo cálculo de espacio-movimiento-tiempo. Coordina con gran precisión la velocidad y los tiempos del movimiento horizontal (acercarse a la silla) y vertical de su cuerpo (sentarse) con los del objeto (jalar la silla), para posarse en el momento adecuado. Sin embargo, pese a que todos los seres humanos realizan este tipo de operaciones constantemente —llamados movimientos voluntarios— muy pocos serían capaces de analizarlas de manera científica, dado que se trata de complejos procesos de retroalimentación (feedback), en los que intervienen los propioceptores articulares y musculares; los receptores de la retina; la meta fijada hacia el futuro, y la coordinación cerebral de todas estas variables.

El segundo ejemplo se refiere a una simple proposición de la vida común, como: "Veo a mi amigo Juan paseando por la calle". Según el lenguaje científico y el grado de minuciosidad de la descripción que se escoja, dicho enunciado podría especificarse de múltiples

maneras. Ilustraremos dos: “Lo que observo en realidad es ‘una sucesión de imágenes coloreadas que se mueven sobre un fondo estacionario’; estas imágenes, por ‘medio de los reflejos condicionados de Pavlov’, traen a mi cerebro la palabra ‘Juan’, hecho por el cual afirmo que veo a mi amigo Juan”.

Si se prefiere el lenguaje de la física la descripción del encuentro con Juan sería como sigue: “Pequeños conglomerados de luz, llamados ‘quanta de luz’, salen disparados del sol y algunos de ellos logran llegar a una región en donde existen átomos de un cierto género que forman la cara, las manos y la vestimenta de Juan. Algunos de los quanta luminosa, cuando chocan con los átomos de Juan, trastornan su estructura interna. Ello es causa de que resulte su piel tostada por el sol y se produzca vitamina D. Otros son reflejados, y de éstos algunos penetran por mis ojos. Allí causan una alteración complicada de los bastoncillos y los conos, que a su vez engendra una corriente a lo largo del nervio óptico. Cuando esta corriente alcanza el cerebro produce un resultado. El resultado que produce es lo que llamo, ‘veo a mi amigo Juan’”.

La tercera razón por la que son insustituibles los sistemas naturales de interpretación por la ciencia consiste en que cada uno de estos sistemas o lenguajes cumple una función específica para el ser humano, tal como ya explicamos. La religión, por ejemplo, ha sobrevivido durante quinientos años al desarrollo de la ciencia moderna, simplemente porque muchos seres humanos no soportan una situación existencial de impotencia y desprotección frente a las fuerzas inmensamente superiores de la naturaleza (enfermedades, sismos, muerte, etcétera) y de la sociedad (pobreza, injusticia, aislamiento, desempleo, opresión), sin disponer de paliativos y consolaciones subjetivos, como son la metafísica, la magia y el esoterismo, entre otros.

2.5 LA CIENCIA NO TIENE FAVORITOS

Si entendemos por ciencia el método científico, entonces es equivocado pensar que la ciencia es o pueda ser socialista, capitalista, feminista, cristiana, inglesa, china o investigación-acción (Kurt Lewin, 1946). Tales afirmaciones confunden la esencia de la ciencia, su procedimiento analítico de producción de conocimiento objetivo, con las necesidades de la transformación social (reformas, revoluciones), tal como las perciben las personas, grupos sociales, partidos políticos y el Estado, según sus intereses y escalas de valor.

El debate sobre la presunta conflictividad entre el método analítico de la ciencia y los valores e intereses del ser humano se resuelve cuando se entiende el proceso científico a cabalidad. Todo proceso científico real tiene tres etapas que obedecen a lógicas e intereses diferentes. La primera es la selección del fenómeno (tema) de investigación; la segunda es el uso razonado y sensible del método (protocolo) científico frente a ese fenómeno; la tercera y última es la divulgación de los resultados. En la primera y tercera etapa juegan un papel la personalidad y la situación del investigador, es decir, su género, su edad, sus creencias, su ética, su nacionalidad, su status social, sus intereses políticos y económicos, entre otros factores. En esas dos etapas no hay "neutralidad" del investigador porque su tema de investigación responde a sus intereses particulares o a los de quien lo ordena o financia. Por ejemplo, una transnacional farmacéutica invertirá recursos en la investigación de las llamadas "enfermedades rentables", es decir, enfermedades crónicas que requieren la compra vitalicia de sus productos o, como en el caso del VIH, en la búsqueda de una vacuna contra las cepas que aflijan a la población del Primer Mundo, que tiene capacidad adquisitiva, no contra las cepas que prevalecen en África. Una psicóloga que trabaja en el departamento de recursos humanos de una empresa tendrá que investigar cómo motivar la productividad de los empleados, para intensificar el proceso laboral; un economista crítico en una universidad investigará las causas del desempleo y de la pobreza en su país. En tanto que una socióloga conciente investigará la relación de causa-efecto entre una sociedad sexista y la penalización del derecho de la mujer al aborto, y un

investigador machista indagará argumentos para justificar la represión legal patriarcal.

Mientras en la primera y tercera etapa operan fuertes intereses e influencias de tipo económico, político y social sobre el investigador, lo contrario sucede en la segunda fase del proceso que es la esencial: el uso del protocolo científico. En esta segunda fase el investigador debe controlar sus características subjetivas y las influencias externas para que no predeterminen el resultado. Si no lo hace lo llevarán a la distorsión del fenómeno de investigación y frustrarán el supremo objetivo de la ciencia: encontrar la verdad de los procesos reales. Por ejemplo, si un investigador realiza una muestra sobre el derecho de la mujer al aborto y personalmente está en contra de este derecho corre el peligro de formular preguntas tendenciosas y construir un cuestionario con inclinación a confirmar su propia posición. Si sucumbe a esa tentación, en lugar de controlarla mediante su ética científica, invalida la muestra porque las opiniones o parámetros recabados no responderán a los que realmente tiene la población encuestada, sino las que él indujo con su trabajo tendencioso. Lo mismo es válido para una encuesta sobre preferencias partidistas en una campaña electoral.

Relacionado con el debate anterior está el equivocado argumento de que la ciencia es la responsable de ciertas destrucciones causadas por el ser humano, por ejemplo, el ataque estadounidense con bombas nucleares a las indefensas ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki, en 1945. En este argumento se confunde el poder del conocimiento objetivo que produce la ciencia, con el abuso de este poder por ciertos gobiernos, instituciones o personas. Por ejemplo, el conocimiento elaborado por la física nuclear permite tanto la construcción de la bomba nuclear como la construcción de la bomba de cobalto. La primera sirve para destruir vidas humanas, la segunda para salvarlas, como en la terapia de radiación (medicina nuclear) contra el cáncer. Es decir, la responsabilidad moral y política del uso del conocimiento científico, ya sea a favor de la vida o en su contra, es exclusiva de las personas e instituciones que tomen las decisiones respectivas.

En las fases 1 y 3 juegan un papel importante la personalidad del investigador, así como quien financia la investigación, los intereses, los poderes y los valores de los involucrados, etcétera. En la segunda fase estos factores no deben jugar ningún papel porque distorsionarían los resultados. Por eso la fase 2 se limita a la aplicación de los cinco pasos del método científico y es objetiva. Por ello la ciencia no es partidista, ni tiene favoritos; si la definimos con la esencia del proceso de investigación, la fase 2, el uso del método científico.

El pensamiento de la investigación-acción de los movimientos por la liberación de la mujer, por la igualdad social y el fin de las discriminaciones muchas veces es motivado por la noble intención de sus autores de enlazar en forma directa el trabajo analítico científico con programas de acción social para resolver los grandes problemas sociales y mejorar las condiciones de vida incluyendo la formación educativa de la juventud. A fin de vincular la teoría y la praxis se trata en forma simultánea a dos dimensiones diferentes del proceso científico: el problema del conocimiento y el problema del poder de las transformaciones sociales. Al confundir la lógica analítica de la ciencia, su método, con los valores e intereses de los sujetos sociales se confunde el método de conocimiento de lo objetivo con la escala de valores de lo deseable o indeseable de la realidad. El resultado de esta confusión es doblemente limitante: no se genera conocimiento verdadero y, en consecuencia, no se logra transformar la realidad injusta.

El hecho de que el método científico no sea partidista o no tenga favoritos no quiere decir que no tenga bandera. Su bandera es la verdad y es este pendón una de las fuerzas liberadoras más

poderosas y progresistas que pueda haber en una sociedad.

2.6 LA TÉCNICA MÁS IMPORTANTE DEL TRABAJO CIENTÍFICO

La habilidad básica e imprescindible para realizar un proceso de aprendizaje e investigación científica consiste en tres capacidades: a) comprender el contenido de una información; b) jerarquizarlo, o sea diferenciar entre lo importante y lo secundario, y c) saber asimilar o retener y reactivar los datos y argumentos importantes. Las teorías, conceptos, métodos y conocimientos que el alumno requiere le llegan por diferentes vías como información, siendo las más importantes la transmisión verbal por parte del maestro, la información en forma impresa (libros, revistas) y, cada vez más, la información en forma electrónica (computadoras, internet). En los tres casos la capacidad de procesar y organizar la información de manera adecuada es fundamental para el éxito del trabajo del alumno.

2.6.1 ¿Cómo estudiar adecuadamente?

El lugar del estudio

Para cumplir con cada uno de estos tres pasos es preciso tener un espacio físico pertinente. Este espacio físico, idóneamente una habitación acondicionada para tal finalidad, debe tener tranquilidad para que el alumno pueda concentrarse en su tarea, pues sería absurdo pretender estudiar en un lugar en donde la televisión, o la radio, esté prendida o en donde haya amigos o familiares que interrumpan al estudiante constantemente.

La iluminación del lugar debe ser adecuada, al igual que la ventilación y su estética, en particular los colores, para que el alumno se sienta a gusto cuando estudia. Se requiere de algunas enciclopedias y diccionarios para consultar los términos desconocidos de la lectura. También resulta necesaria una computadora con acceso de banda ancha a Internet. El estudiante no puede realizar otra mejor inversión en su carrera educativa que no sea la de adquirir una computadora sencilla, con precio de

alrededor de 400 dólares, y aprovechar esta maravilla tecnológica. Asimismo, debe aprender a escribir en la computadora con todos los dedos de ambas manos, para aprovecharla al máximo. Es un anacronismo que un estudiante del siglo XXI no sepa trabajar de esta forma. Además hay que poner particular atención en la ergonomía (funcionalidad) de este lugar de trabajo computarizado, tal como se muestra, más adelante, en la ilustración.

Las estadísticas socioeconómicas sobre América Latina nos muestran que pocos estudiantes de las universidades públicas disponen de las facilidades del espacio físico antes mencionado, lo que forzosamente repercutirá de manera negativa en su rendimiento. Ante tal situación, lo lógico sería que las bibliotecas públicas —universitarias o no— proporcionasen estos espacios de trabajo para el estudiantado, pero lamentablemente no sucede así. No sólo son relativamente escasas las bibliotecas públicas en relación con la demanda estudiantil, sino que se caracterizan por un desmedido nivel de ruido que hace difícil un trabajo serio y concentrado. Peor aún, cierran los fines de semana, cuando mayor es la demanda por parte de los estudiantes. El hecho de que una sociedad se organice de tal forma que sus supermercados estén siete días a la semana abiertos para el consumo mercantil, y algunos las 24 horas, mientras que la formación mental y preparación científica y artística de la juventud está limitada a cinco días; es un indicador deprimente de la jerarquía de valores que la rigen.

La importancia de la información

La comprensión del contenido de una lectura y su jerarquización en "importante" y "menos importante" están íntimamente vinculadas, porque alguien que no haya entendido el argumento o los raciocinios del texto, no podrá decidir sobre lo que es importante y lo que es secundario en él.

Lo que es primordial para el lector de un texto depende esencialmente de su interés de conocimiento. Cuando tiene un interés muy específico, por ejemplo, cuando necesita encontrar una tabla aleatoria en un libro de estadística, no leerá todo el libro, sino irá —con la ayuda del índice, ya sea el índice general o el índice analítico, que puede ser onomástico (por nombre de personas) o temático— directamente a las páginas correspondientes. El problema es más complejo cuando el estudiante tiene lecturas completas de libros o capítulos y debe resumir su contenido: ¿cómo sabrá cuál es la información que debe conservar y cuál es la que debe descartar en su resumen?

Antes de explicar algunas técnicas que ayudarán a resolver este problema, es conveniente aclarar que la razón básica para la jerarquización de la información es la limitada capacidad de

nuestro cerebro para retener y activar información. Este libro, por ejemplo, engloba una cantidad de información contenida en 336 páginas, formato de 15 por 23 cm, con alrededor de 450 mil caracteres (golpes). Ningún cerebro humano es capaz de memorizar con exactitud esta información y reproducirla en cuanto fuese necesario. Una computadora, sin embargo, permite almacenar y reactivar cientos de veces esa información sin problema alguno. Si el ser humano tuviera una memoria comparable a la de la computadora no necesitaría seleccionar la información que decide memorizar, porque podría reactivar y utilizar con absoluta precisión toda la información de cientos de libros en cuestión de segundos. Como nuestras células cerebrales no tienen esa capacidad, estamos obligados a diferenciar con gran esmero entre la información que vale la pena memorizar y la que no.

Técnicas para jerarquizar la información

Entonces, ¿cómo se jerarquiza y memoriza la información de una lectura? Por suerte, no tenemos que empezar de cero porque generalmente el autor de una obra, y también el editor, nos ayudan mediante los indicadores estructurales del texto: contraportadas, índices, introducciones y prólogos. De tal manera que primero hay que abocarse al análisis de los textos de la contraportada, toda vez que ahí se resume el contenido de la obra. Estos resúmenes constituyen por lo general una buena síntesis del argumento y de la temática del libro. Enseguida pasamos al índice que nos muestra con claridad los principales contenidos tratados en el libro y su estructuración: es como el árbol o un directorio raíz de una computadora. Después el lector analizará el prólogo y la introducción, lo que le dará una noción más completa de la estructura, el contenido y los alcances de la obra.

De esta forma logramos obtener una sinopsis o comprensión general del texto con relativa facilidad. No obstante, el problema de la jerarquización se repite dentro de cada página. Al abrir una página el lector se enfrenta a un mar de letras y palabras, lo que le obliga a seguir con el mismo procedimiento: orientarse con los indicadores formales. Entre los indicadores formales más utilizados —para

destacar un concepto, una frase, una cita textual o un párrafo— se encuentran los estilos tipográficos, por ejemplo la impresión de los caracteres en bold o negritas, en itálicas o cursivas, en VERSALES o VERSALITAS, con Capitulares, con letra calada o subrayada y con el cuerpo indicado (tamaño) para la tipografía seleccionada. Otros recursos consisten, por ejemplo, en reducir la caja del libro (lo ancho del texto) para ciertos párrafos o citas textuales y utilizar gráficas con la impresión a color.

Tal como existen indicadores formales para llamar nuestra atención sobre determinadas partes del texto, destacándolas, existen otras que producen el efecto contrario: que relativizan una parte del texto o indican que es de importancia secundaria. Para relativizar el significado de un concepto se emplean generalmente comillas. Si lo que se quiere expresar es que en determinado país X no existe una democracia real, ello se puede hacer con una simple construcción como la siguiente: la "democracia" en X... y cualquier lector entenderá que el autor expresa que, a su juicio, la democracia en X no es tal.

Paréntesis o guiones indican partes secundarias de un texto o una frase. Por lo general se utilizan en especificaciones, complementos o repeticiones de lo argumentado en la oración principal. La oración: "La independencia política de América Latina —lograda en 1825— está en peligro de ser sustituida por una dependencia neocolonial", es un ejemplo al respecto. Cuando el lector tiene problemas de comprensión con una frase de este tipo, debería leerla primero omitiendo el paréntesis o la parte entre guiones. Una vez entendido el argumento principal puede agregar el sentido de la parte omitida.

Sin embargo, aun con el apoyo de los indicadores formales será inevitable que el alumno utilice lo que podríamos llamar un indicador material, es decir, un indicador de contenido. Nos referimos a la estructura temática-lógica que cualquier buen texto posee y que el estudiante tiene que detectar para reducir la cantidad y complejidad de la información total, a estructuras manejables y repetibles.

La estructura temática-lógica de un capítulo, una página o un párrafo es comparable al esqueleto de, digamos, un hipopótamo. No se ve el esqueleto, pero se sabe que existe y que sostiene todo el

fenómeno. Podríamos detectar y visualizar esta estructura interna o implícita en el animal mediante un aparato de rayos X. No obstante, en la detección de la estructura temática-lógica de una página o de un texto tenemos que sustituir al aparato de Roentgen con nuestra capacidad de análisis.

La forma más sencilla para realizar esa tarea es recordando el "acordeón" escolar. Al acercarse la fecha de un examen muchos alumnos tratan de reducir la inmensa cantidad de información que se acumuló durante el semestre jerarquizándola en importante y secundaria. La que será relevante para el examen es la importante y la que se supone irrelevante para el examen es la secundaria.

Para ilustrar la elaboración de una estructura temática-lógica de un discurso nos servimos de una página de la célebre obra de Ernst Fischer, La necesidad del arte (Ed. Península, Barcelona 1973, p. 5): "La poesía es indispensable, me gustaría saber para qué". Con esta encantadora paradoja Jean Cocteau resume la necesidad del arte y, a la vez, su dudosa función en el mundo burgués contemporáneo.

El pintor Mondrian habla de la posible "desaparición" del arte. En su opinión, la realidad puede acabar desplazando la obra de arte, cuya esencia consiste, precisamente, en ser un sustitutivo del equilibrio de que carece la realidad actualmente: "El arte desaparecerá a medida que la vida resulte más equilibrada".

El arte como "sustitutivo de la vida", el arte como medio de establecer un equilibrio entre el hombre y el mundo circundante: esta idea contiene un reconocimiento parcial de la naturaleza del arte y de su necesidad. Y puesto que ni siquiera en la sociedad más desarrollada puede existir un equilibrio perpetuo entre el hombre y el mundo circundante, la idea sugiere, también, que el arte no sólo ha sido necesario en el pasado sino que lo será siempre.

Ahora bien, ¿puede decirse de verdad que el arte no es más que un sustitutivo? ¿No expresa también una relación más profunda entre el hombre y el mundo? ¿Puede resumirse la función del arte con una sola fórmula? ¿No ha de satisfacer múltiples y variadas necesidades? Y si al reflexionar sobre los orígenes del arte llegamos a comprender su función inicial, ¿no resultará evidente que esta función ha cambiado al cambiar la sociedad y que han aparecido

nuevas funciones?

Este libro es un intento de contestar preguntas como las anteriores y se basa en la convicción de que el arte ha sido, es y será siempre necesario.

La estructura argumentativa puede resumirse de la siguiente manera:

Tesis Cocteau: “La poesía es indispensable, me gustaría saber para qué”.

Tesis Mondrian: Arte: medio de establecer equilibrio entre hombre y mundo circundante; desaparecerá cuando la vida resulte más equilibrada.

Tesis Fischer: Arte siempre será necesario.

Objetivo del libro: contestar preguntas sobre las tres tesis.

Para desarrollar la capacidad analítica que permite “ver” la estructura temática-lógica de un texto y resumirla, el profesor debe ensayar el procedimiento repetidas veces con los alumnos, hasta que ellos desarrollen la sensibilidad y la práctica para llevarlo a cabo sin apoyo externo.

¿Cómo memorizar la información?

Una vez que se haya diferenciado la lectura en información importante o secundaria, el alumno se ve ante la necesidad de memorizarla para poder reactivarla cuando le sea preciso, por ejemplo, ante los exámenes. Nuevamente, el sistema de memorización que el alumno escoja depende de su forma personal o particular de aprendizaje. Los conocimientos científicos contemporáneos demuestran que el ser humano está dotado de diferentes sistemas de memorización informativa que pueden operar

en forma complementaria o sustitutiva, entre ellos: memorias conceptuales y de imágenes, mecánicas y estructurales, ópticas y auditivas, etcétera. La eficiencia relativa de cada uno de estos sistemas varía de persona en persona y esto le obliga al maestro a encontrar junto con el alumno el sistema de registro de datos que más se adecua a sus habilidades individuales, en lugar de imponerle un sistema escogido por él.

Desde la aurora de la humanidad se almacenaba información en las pinturas rupestres, en tablas de barro, cerámica, pergamino, impresiones de papel, y ahora, cada vez más, en discos magnéticos y ópticos. Lamentablemente aquí entramos en uno de los campos de abuso académico institucional debido al fetichismo de la ficha de trabajo. Se le impone al alumno registrar la información en fichas de trabajo, independientemente de su idiosincrasia personal y sin tomar en cuenta los grandes avances de la informática, de la que forman parte los sistemas electrónicos de almacenaje de información. Pedanterías sobre los tipos de fichas: bibliográfica, hemerográfica general y analítica, de revista, archivológica, comentadas, de contenido, de referencia, de referencia cruzada, de trabajo, de definiciones, la ficha mixta, y así, ad nauseam, generan burócratas, no investigadores.

Vladimir I. Lenin, uno de los más grandes pensadores de la historia, hizo sus apuntes en cuadernos de trabajo; dividía la página en dos columnas: en una anotaba los contenidos principales de la lectura que realizaba y en la otra apuntaba sus comentarios. Noam Chomsky, el linguïsta contemporáneo más importante del mundo, anota la información relevante de un libro en la tercera de forros. Es decir, existen múltiples sistemas para registrar la información jerarquizada y el único criterio para su adopción debe ser su funcionalidad y eficiencia para el investigador. Esta eficiencia debe medirse en dos aspectos esenciales: a) la facilidad con que se encuentra la información memorizada y b) la facilidad de su reactivación por parte del investigador.

En este contexto conviene insistir en la necesidad de aprender ciertos conocimientos de memoria. Los estudiantes universitarios de primer semestre consideran, con frecuencia, que el hecho de haber alcanzado el nivel superior del proceso educativo los libera de

aprender algo de memoria: que el procedimiento de memorizar mentalmente reglas y datos es propio de una etapa escolar inferior. Los que piensan de esta manera están rigurosamente equivocados. No hay proceso de aprendizaje en el mundo que pudiera prescindir de este tedioso procedimiento, aunque fuese simplemente por el hecho de que cada ciencia particular tiene su propio lenguaje específico. En este sentido, aprender una disciplina científica es equivalente a aprender un nuevo idioma y nadie ha podido aprender un nuevo idioma sin memorizar el vocabulario respectivo y un mínimo de reglas gramaticales y ortográficas.

Los lenguajes científicos particulares son imprescindibles tanto para la investigación como para la comunicación entre los investigadores, debido a que el lenguaje común que hablamos no dispone de los conceptos ni de la precisión que se requiere para analizar un aspecto de la realidad a fondo y presentar los resultados de una manera intersubjetiva a la comunidad científica. El lenguaje de la química es un buen ejemplo. Lo que en el lenguaje común se llama vitamina B1, es el clorhidrato de tiamina; el término vitamina B2 corresponde al clorhidrato de piridoxina; la vitamina C tiene por nombre científico ácido ascórbico, y la vitamina E es acetato de alfatocoferol.

En las ciencias económicas el estudiante tendrá que aprender conceptos como micro y macroeconomía; coeficientes como productividad, rentabilidad, tasas de ganancia, tasas de inversión; medidas estadísticas agregadas como producto interno bruto, balanza de pagos, etcétera. Por lo que, el educando que no esté dispuesto a aprender de memoria una considerable cantidad de información de la disciplina que escogió para estudiar, no tendrá posibilidad de triunfar en ella.

3. INVESTIGACIÓN CUALITATIVA Y CUANTITATIVA

Quién pretende resolver problemas en las ciencias naturales sin ayuda de las matemáticas, emprende una tarea imposible.

Hay que medir lo que es medible y volver medible, lo que no lo es.

GALILEO GALILEI

3.1 LENGUAJES CUALITATIVOS Y CUANTITATIVOS

Hay un debate académico sobre una supuesta contradicción entre la investigación cualitativa y la cuantitativa. Es un debate equivocado en el que se confunden dos tipos de lenguaje, el conceptual (cualitativo) y el cuantificador (numérico o digital), con dos tipos de investigación científica. No existe, sin embargo, ninguna contradicción real entre la investigación cualitativa y la cuantificadora, sino complementariedad. Ambas son parte de un continuo de niveles de investigación científica que refleja la unidad existencial entre lo cualitativo y lo cuantitativo en el universo y, por lo tanto, en nuestra vida cotidiana. Explicaremos esta afirmación.

Supongamos que una persona va a comprar pan; entra a la panadería y dice: “Panes, por favor”. La vendedora responderá inevitablemente: “¿Cuántos?”, porque la orden no puede ejecutarse tal como está dada, ya que el enunciado del comprador usa únicamente un lenguaje cualitativo (pan) que hace imposible la transacción, si no se precisa mediante un cuantificador. Imaginémonos ahora el ejemplo contrario cuando la persona entra a la panadería y dice: “Ocho, por favor”. La vendedora dirá: “¿Ocho qué?”. De nuevo, el enunciado del comprador no puede ejecutarse porque usa un lenguaje solamente cuantitativo (ocho), sin especificar la calidad distintiva del producto que desea.

Este ejemplo nos enseña que hasta una acción humana tan sencilla como la compra de pan requiere la confluencia de lenguajes cualitativos y cuantitativos para llevarse a cabo. En muchas situaciones cotidianas cada uno de estos lenguajes por sí solo es incompleto y requiere la complementación del otro. Podemos decir, entonces, que existe una estrecha unidad de los lenguajes conceptuales cualitativos y los numéricos en la vida humana. Si reflexionamos más a fondo descubrimos que esta característica de nuestra vida social se deriva de la naturaleza misma del universo, que está compuesto por fenómenos cualitativamente distinguibles (estrella, árbol, perro) que existen en cantidades discretas, es decir, diferenciables y contables. La distinción de las cualidades se realiza sobre las diferentes propiedades de los fenómenos.

Todos los animales poseen la doble capacidad de diferenciar: a) entre los fenómenos cualitativamente distintos, por ejemplo, aquellos que son amenazantes (depredadores, fuego, sismo) y los que son benéficos (alimento, seguridad), y b) su cantidad. Esa doble capacidad, de distinguir entre cualidades y cantidades del entorno, es imprescindible para la supervivencia de todo sistema animal, incluyendo al homo sapiens. Sin embargo, únicamente el homo sapiens ha logrado desarrollar lenguajes cualitativos y cuantitativos que son incomparablemente superiores para interpretar la realidad, que la simple facultad biológica innata de las demás especies.

El lenguaje cualitativo, con rudimentarios conceptos cuantificadores, es aprendido por cada ser humano recién nacido en la familia, por imitación, es el lenguaje del grupo social al que pertenece: el náhuatl, el castellano, el chino, el inglés, etcétera. Esos lenguajes, que se llaman también históricos o maternos, se componen básicamente de palabras (conceptos), su fonética y las reglas gramaticales, que evolucionaron históricamente y permiten comunicar casi cualquier contenido en forma verbal, escrita, imágenes o expresiones corporales. Cuando el niño entra a la escuela aprende algunas reglas básicas (la gramática) de su idioma histórico, por ejemplo, cómo formar enunciados en el orden correcto (sintaxis), declinar y conjugar ciertas palabras y la ortografía de las palabras, entre otros conocimientos.

Sin embargo, la enseñanza escolar no termina ahí. Junto con el lenguaje cualitativo o histórico al niño se le enseñan lenguajes artificiales, también llamados formales o analíticos, como la matemática y la lógica. Esos lenguajes se componen de signos abstractos, como los dígitos, y analizan las relaciones entre estos signos abstractos.

Los dos tipos de lenguaje integrados son la base de nuestra capacidad de razonamiento y comunicación además, como ejemplificamos, de nuestra vida cotidiana y supervivencia. Sería, entonces, muy extraño que no estuvieran presentes en la investigación científica que analiza la realidad; de hecho están ahí. En la ciencia el uso integral de los lenguajes cualitativos y cuantitativos es tan imprescindible como en la vida cotidiana. Cuando el tema de investigación de un alumno de química es la

identificación de una sustancia desconocida, realiza un análisis cualitativo, utilizando rayos X, el espectrómetro y el calorímetro, entre otras tecnologías diagnósticas. Una vez identificada la sustancia y sus diferentes componentes pasará a cuantificar la cantidad de cada componente. En todo este proceso combina constantemente elementos cualitativos, por ejemplo imágenes, con lenguajes cuantificadores.

El extraordinario poder de interpretación de la realidad que le proporciona al ser humano el uso combinado de ambos tipos de lenguajes, apoyado por la matemática, se ve en los siguientes ejemplos de interpretación y reproducción científica de fenómenos empíricos que están vinculados entre sí en una relación causal o estadística. Al cuantificar (medir) esos fenómenos (variables), es decir asignarles números, se pueden describir las relaciones entre unos y otros en términos de lo que en matemáticas se conoce como una función. Una función es una afirmación precisa sobre la relación entre diversas variables. Cuando podemos descubrir y definir esa relación obtenemos la regla de correspondencia precisa que rige la relación entre una y otra variable. Este conocimiento nos permite deducir, por medios matemáticos, muchas propiedades que nos proporcionan un conocimiento más completo del fenómeno en estudio.

Una función que relaciona dos variables (x y y) puede ser representada por una curva. Para ello trazamos una línea horizontal en donde localizamos los valores de x y otra vertical en donde señalamos los valores de y, de modo que en el cruce de la línea vertical que pasa por cada valor de x (digamos a) y el de la línea horizontal que pasa por el correspondiente valor de y (digamos b) se localiza el punto de la curva que corresponde a la pareja (a, b) (figura 1).

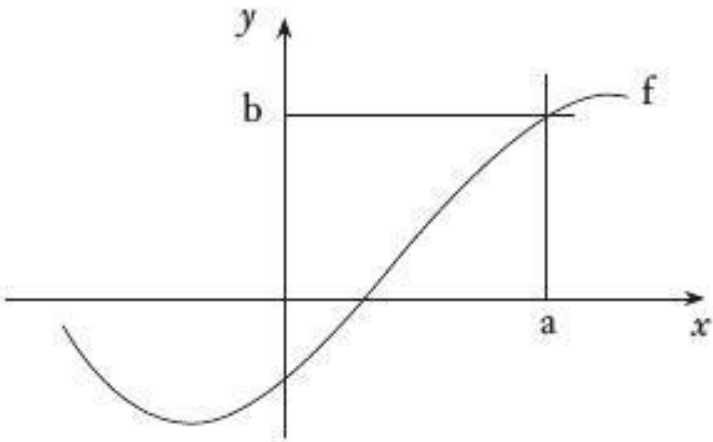


Figura 1. Curva que representa a la función y = f(x).

Hay ciertas funciones que son de una gran utilidad porque muchos fenómenos o procesos se ajustan bastante bien a sus características. Veamos algunos ejemplos, ilustrando en cada caso la curva que representa a la función correspondiente.

Ejemplo 1. Todas las situaciones en que los valores de una de las variables son proporcionales a los valores de la otra, se reflejan por la función y = kx, en donde k es la razón de proporcionalidad. Como ejemplo, si un coche rinde 12 km por cada litro de gasolina que consume tendremos que el consumo de gasolina y estará determinado por y = x/12 donde x sería el número de kilómetros recorridos (pues para determinar la cantidad de gasolina gastada tendríamos que dividir entre 12 el número de kilómetros recorridos). En este caso, la constante de proporcionalidad (k) sería de 1/12.

El caso más simple de la función y = kx ocurre cuando k = 1. Esta función es conocida como la función idéntica, porque cada valor de la variable dependiente es igual al de la independiente. La curva que resulta es una recta a 45° que pasa por el origen (así se llama el punto en que se cruzan los dos ejes).

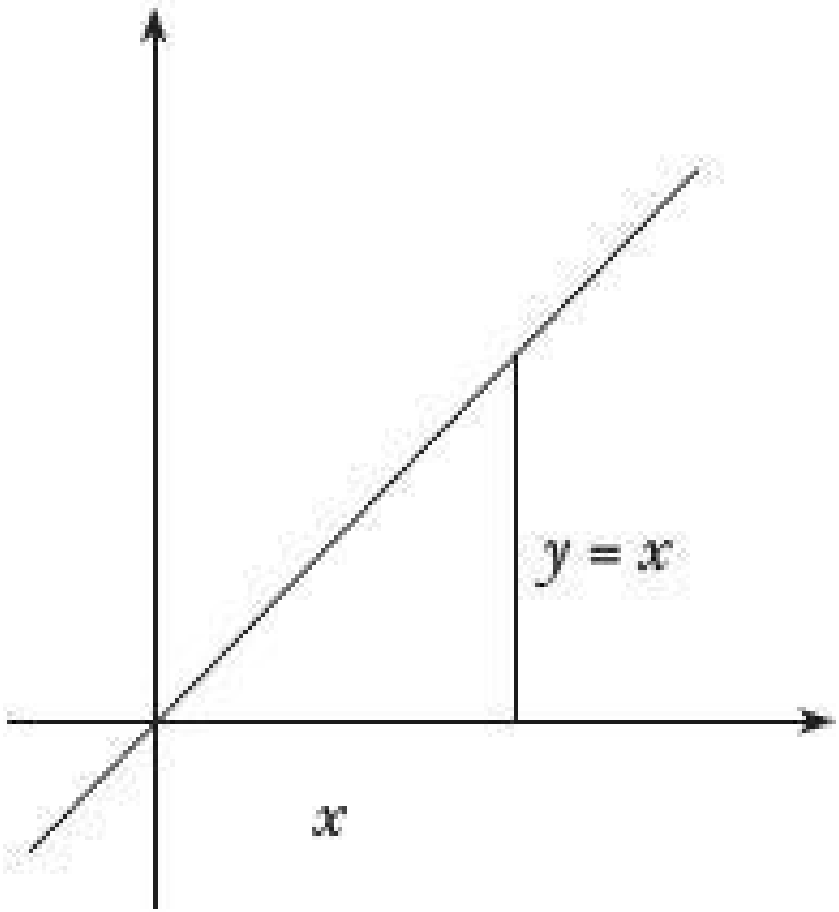


Figura 2. Curva que representa la función y = x. Para cada valor de x el valor de y es el mismo.

Más en general, la curva que describe la función y = kx es una recta que pasa por el origen, con pendiente k.

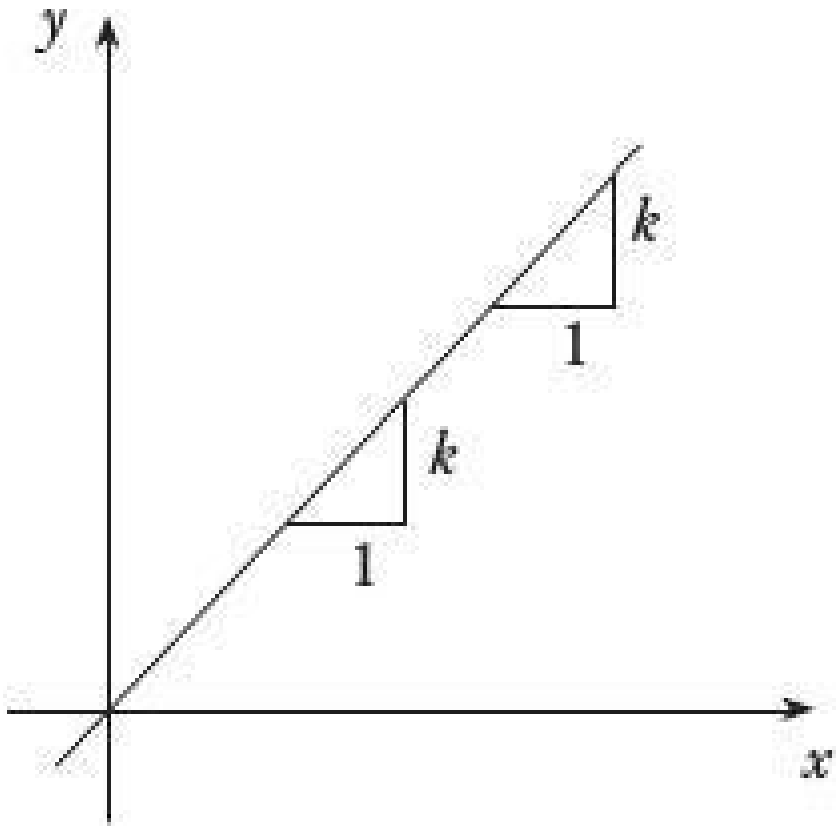


Figura 3. Curva que representa la función $y = kx$.

En cualquier parte de la curva (recta), por cada unidad que varía la variable independiente, la variable dependiente varía k unidades.

Ejemplo 2. La función $y = kx^2$ corresponde bastante bien a la descripción del movimiento de proyectiles cerca de la superficie de la Tierra, al diseño de reflectores, de lentes para microscopios y telescopios, así como al ajuste de los datos experimentales obtenidos en diversos procesos estadísticos, etcétera. La curva que la describe es conocida como parábola:

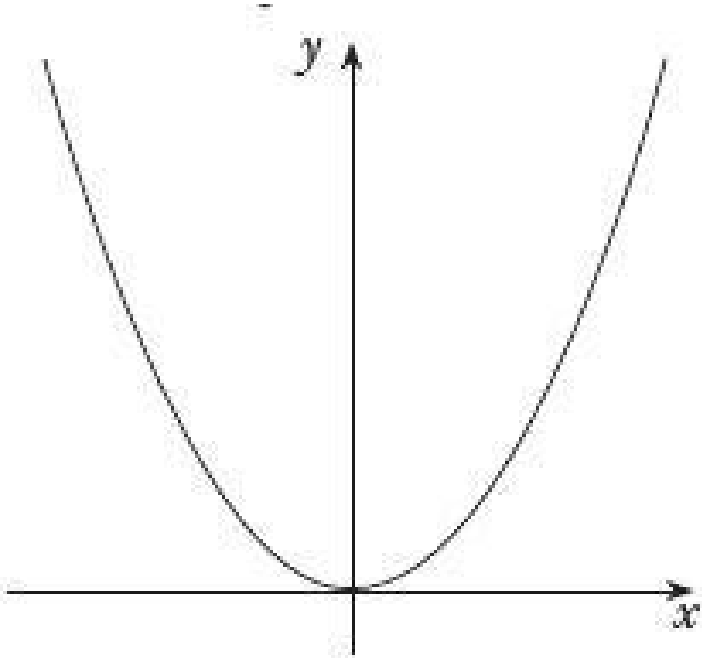


Figura 4. Curva que representa la función $y = kx^2$.

Cerca del cero la función crece muy lentamente; conforme mayor es la x la función crece cada vez más rápidamente. Para los valores negativos la curva es simétrica respecto al eje y.

Ejemplo 3. La función $y = k/x^2$ describe matemáticamente una de las leyes más importantes de la física: la ley de la gravitación universal. Y puede ser utilizada para describir cierto tipo de fenómenos asintóticos:

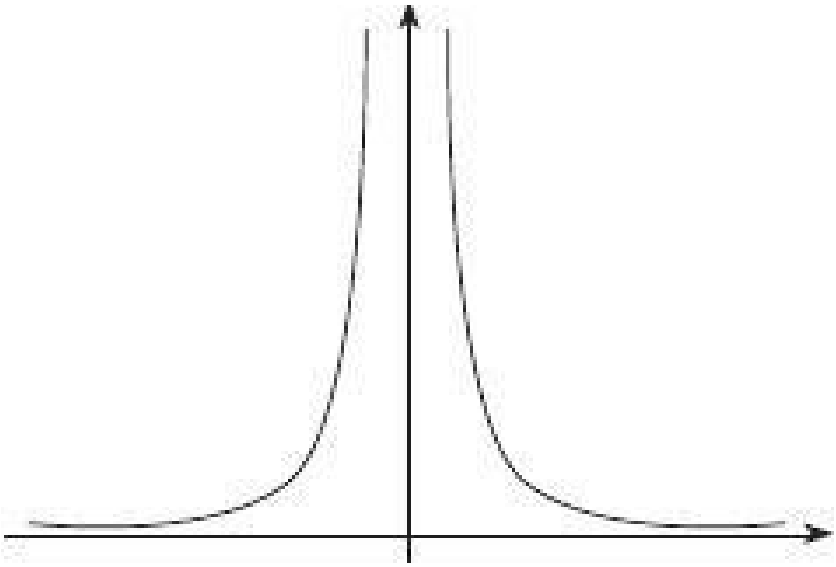


Figura 5. Curva que representa la función $y = k/x^2$.

Cerca del cero los valores de y crecen muy rápidamente, tendiendo a + infinito; conforme los valores de la x son mayores la función prácticamente no crece (ni decrece). Para los valores negativos de x la curva es simétrica respecto al eje y.

Ejemplo 4. La función $y = c\ \text{sen}(kx)$ es una de las llamadas funciones trigonométricas, que sirven para estudiar el sonido, la electricidad, las ondas de radio y en general los fenómenos oscilatorios o con un comportamiento que se repite periódicamente (como el funcionamiento del corazón, por ejemplo):

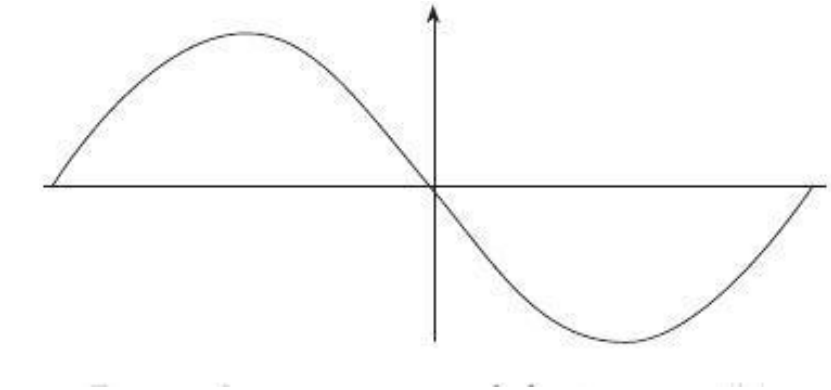


Figura 6. Curva que representa la función y = c sen(kx).

Conforme avanzamos en el eje x los valores de y se van repitiendo en forma periódica.

Ejemplo 5. La función y = cekx describe procesos como el crecimiento de las poblaciones (tanto de seres humanos como de bacterias), en los que la razón a la que crece la población en cada momento es proporcional a la población misma en ese momento.

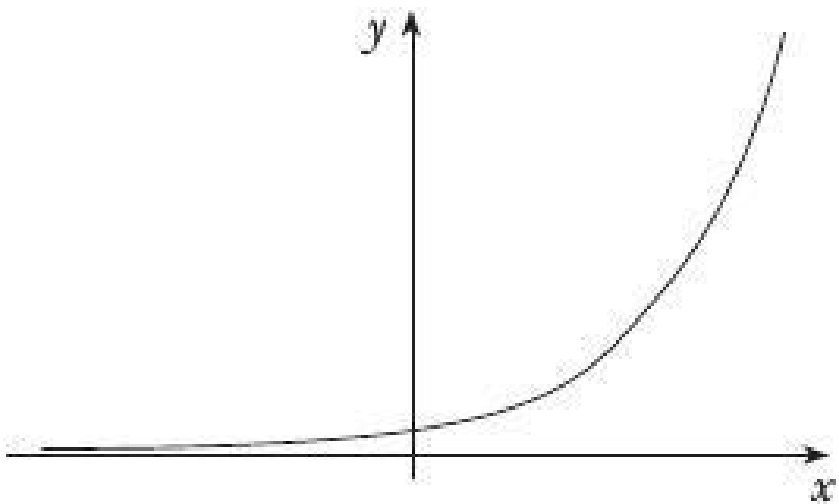


Figura 7. Curva que representa la función y = cekx.

Al crecer la variable x la variable y crece rapidísimo. Esta función es llamada la función exponencial.

Ejemplo 6. La función y = ce-kx2 es una composición de las funciones vistas en el ejemplo 5 y en el ejemplo 2; la curva que la representa es llamada “campana de Gauss” o “curva de distribución normal” y se ajusta a la distribución de frecuencias de una sorprendente variedad de fenómenos: la estatura de todos los hombres de una determinada población, su peso, el tamaño de sus brazos, la sensibilidad de sus ojos, etcétera; lo mismo para poblaciones de plantas y animales (figura 8).

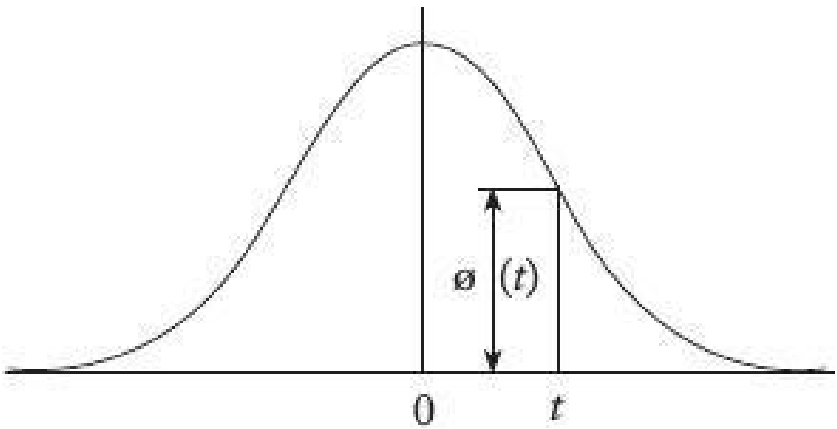


Figura 8. Curva que representa la función y = ce-kx2.

En el caso de las hipótesis descriptivas (hipótesis de constatación) el principiante deberá tratar de cuantificar las características y el comportamiento del fenómeno que le interesa —cuando esto sea el objetivo de la investigación—. En las hipótesis funcionales (causales o de correlación estadística) debe cuantificar las relaciones entre la variable independiente (x) y la dependiente (y), es decir, medir los diferentes valores que asumen estas variables.

El valor más alto de la “campana” lo alcanza en el punto conocido como la media de los valores de x (en la figura la media μ está localizada en el cero).

3.2 LA CIENCIA QUIERE CUANTIFICAR

Como ya señalamos, en la ciencia el uso integral (combinado) de los lenguajes cualitativos y cuantitativos es tan imprescindible como en la vida cotidiana; lo que varía en cada investigación es el peso y la precisión de la cuantificación que se plantea el investigador. Según ese peso y precisión podemos calificar un estudio como predominantemente cualitativo o cuantitativo o, simplemente, cualitativo o cuantitativo. En consecuencia, por investigación cualitativa entendemos una investigación que no mide matemáticamente las propiedades o relaciones del fenómeno, sino que usa solamente conceptos (palabras), incluyendo los llamados cuantificadores universales ("todos los humanos mueren") y existenciales ("algunos alumnos faltan"). Cuando de ese nivel de análisis conceptual se pasa al uso de los números para medir y expresar las propiedades del universo social y natural en forma cuantitativa precisa, es decir, mediante una combinación de dígitos de 0 a 9 y el uso de la matemática, entonces hablamos de una investigación cuantitativa. Entendemos por "número" un símbolo abstracto (0, 1, 2, 3, 4...) que representa una cantidad (de una magnitud o propiedad de un fenómeno) y por medición la asignación de números a los fenómenos conforme a determinadas reglas.

El valor informativo de un enunciado cuantificado es muy superior al de uno solamente cualitativo, en la abrumadora mayoría de los casos. Lo anterior por dos razones: el lenguaje cualitativo dificulta tanto el control efectivo como el consenso sobre los fenómenos. En este contexto recordemos que la función de la ciencia es práctica: consiste en ayudar al ser humano a incidir sobre los fenómenos para mejorar su calidad de vida.

Ejemplos de la superioridad informativa y utilidad práctica de los enunciados cuantificados numéricamente son los siguientes: "La persona X tiene una temperatura corporal de 41 grados C, su presión sanguínea sistólica es de 220 mmHg y la diastólica de 150 mmHg"; "La tasa de inflación de la economía X es 20%"; "La escuela tiene 900 alumnos y por eso hay que proporcionar cada

mañana 900 desayunos escolares". Tales enunciados proporcionan mucha más información sobre los fenómenos de la realidad y la posibilidad de influenciarlos, que los respectivos enunciados cualitativos que carecen de cuantificadores numéricos: "La persona X tiene fiebre y su presión sanguínea es alta"; "La tasa de inflación de la economía X es demasiado alta; "La escuela tiene muchos alumnos que requieren cada mañana desayunos".

En cuanto a la facilitación del consenso, imaginémonos un matrimonio que ve una mesa. El hombre opina que "la mesa es grande", mientras que la mujer juzga que "la mesa es pequeña". Planteado con estos enunciados cualitativos no hay forma de saber quién de los dos tiene la razón y, por lo tanto, no hay consenso. Posiblemente peligra la paz matrimonial, porque muchos conflictos sociales nacen de estos problemas de lenguaje. En cambio, si ambos aceptan usar la escala métrica del metro original que está guardado en el Museo de Pesas y Medidas de París, simplemente miden la mesa y coinciden de inmediato en que la mesa tiene, digamos, un tamaño de 120 x 200 cm. Se termina el conflicto.

La superioridad informativa y práctica que proporcionan los datos cuantitativos sobre los fenómenos (variables) de la realidad se ha potenciado con el desarrollo de la estadística e informática, y hoy día se pueden procesar una gran cantidad de datos (valores numéricos). Además del enorme volumen de datos manejables, la estadística hace posible analizar si hay asociaciones o correlaciones entre los fenómenos investigados; permite inferir si esas asociaciones son causales o solamente de correlación estadística; aclara el efecto del azar; mediante la muestra representativa permite generalizar los resultados de una prueba sobre el universo del cual fue tomada, con la identificación de los márgenes de error. Este procedimiento facilita el control de calidad de los artefactos que se producen (autos, medicamentos) y el desarrollo de tecnologías complejas (aviones, computadoras, software, carros o trenes). También es posible prever el probable comportamiento futuro de los fenómenos (como en el caso de huracanes). Por lo tanto, sin exagerar, podemos decir que sin la ciencia cuantificadora nuestra civilización actual sería inviable.

Otra ventaja esencial de la cuantificación es la validez del protocolo

de investigación, es decir, la transparencia y posibilidad de repetición del proceso de investigación. Es un principio metodológico fundamental de la ciencia moderna que toda investigación científica debe llevar un protocolo que registre sus pasos, para evitar el fraude y la manipulación. La cuantificación de las variables investigadas facilita el bloqueo de fraudes y manipulaciones, y hace posible un juicio sobre la validez externa e interna de los resultados; entendiéndose por validez externa la posibilidad de generalizar los resultados del estudio y por validez interna la demostración de que la variable independiente (causa) produce efectivamente la variable dependiente (efecto), es decir, que no se necesita buscar explicaciones alternativas a la que se ha encontrado en la investigación.

3.3 DIFICULTAD DE MEDICIÓN EN LA AURORA DE LAS CIENCIAS

La fundación de una ciencia empírica (una ciencia que analiza fenómenos de la realidad) o el desarrollo de su primer gran paradigma (modelo) suele ocurrir cuando la observación del universo y las experiencias de la realidad generan asombro (curiosidad) o necesidad en una persona o un colectivo. Cuando ese asombro va acompañado de insatisfacción y escepticismo ante las explicaciones existentes de esta realidad, suele también comenzar su análisis sistemático. En el quehacer científico esa búsqueda de una nueva y mejor explicación de la realidad observada o experimentada, termina generalmente en el desarrollo de un nuevo modelo (paradigma) de descripción o explicación de la realidad cuestionada o la fundación de una nueva rama de la ciencia. Por modelo o paradigma científico entendemos un diseño simplificado del fenómeno real que proporciona un acercamiento satisfactorio al por qué y cómo de su comportamiento y estructura. En esta fase inicial los conceptos o categorías son los vehículos de aproximación del investigador a la verdad del fenómeno de investigación.

Cuando se ha dado el contexto de fundación de una disciplina (ciencia) o un paradigma las personas que buscan descripciones y explicaciones más satisfactorias que las existentes procuran profundizar sus conocimientos sobre el fenómeno mediante observaciones, reflexiones, simulaciones y experimentos, guiados sistemáticamente por hipótesis (conjeturas fundadas). Al avanzar este tipo de análisis la disciplina pasa a la segunda fase, que consiste en aumentar el peso y la precisión de la cuantificación de las propiedades y el comportamiento del fenómeno en cuestión. Es importante recalcar que la observación, la conceptualización y la medición están en una relación viva y de permanente influencia mutua (interactiva).

La secuencia fundadora de una ciencia, desde la insatisfacción con el actual estado de conocimiento o de la realidad, vía su profundización conceptual-hipotética y la creciente cuantificación numérica de sus elementos y relaciones, es observable en prácticamente todas las disciplinas. Charles Darwin, el fundador de

la teoría de la evolución de los sistemas de vida, encontró en sus viajes de exploración alrededor del mundo una casi infinita variedad de sistemas biológicos (biodiversidad) que, sin embargo, parecían estar vinculados entre sí por una lógica común de evolución. Ante ese fenómeno consideró inaceptable la tesis bíblica y teológica de su creación divina (creacionismo), y la sustituyó con el paradigma de la mutación y la selección natural de las especies (The origin of species by means of natural selection and the preservation of favoured races in the struggle for life, 1859). Casi un siglo después el desciframiento del ADN por Watson y Crick (1953) abrió el camino hacia una biología no taxonómica y la sustanciación bioquímica del concepto de mutación, lo que permite una clasificación mucho más precisa de los sistemas de vida mediante sus genomas, al igual que la posibilidad de influenciar los procesos genéticos mediante la biotecnología, lo que es vital en el caso de ciertas enfermedades (cáncer, influenza, etcétera). De esta forma, la ley de desarrollo de los sistemas de vida de Darwin, que es una ley formulada cualitativamente, comienza a ser sustanciada de manera materialista-cuantitativa.

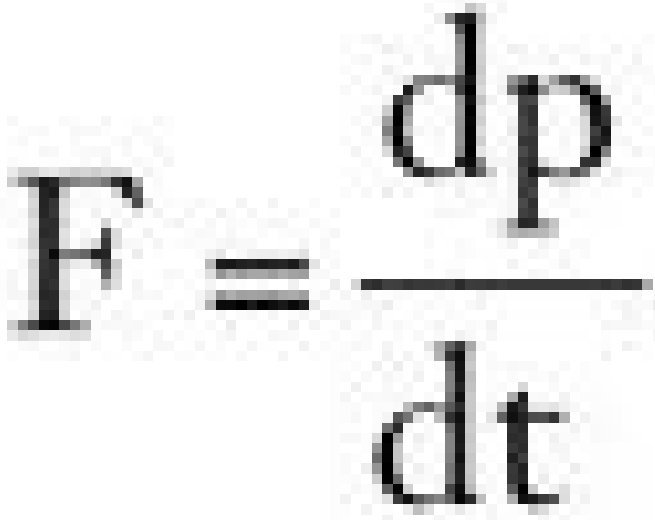
Sigmund Freud (1856-1939), el fundador del psicoanálisis que constituye el primer modelo científico sobre el sistema psicológico del homo sapiens, quiso conocer las causas de los trastornos del comportamiento humano que observaba en sus pacientes, pero no encontró modelos de explicación satisfactorios en la psicología o psiquiatría de su tiempo. Freud era psiquiatra en una época en la cual no había conocimientos ni tecnologías para analizar el funcionamiento del cerebro humano. Al desempeñarse en la tarea de descifrar el sistema psicológico oculto del ser humano formuló conceptos que le permitieron describir sus tres subsistemas principales, tales como el ego, el superego, el Id, así como los traumas, las proyecciones, el complejo de Edipo, el sadismo y masoquismo, etcétera, que arrojaron por primera vez luz sobre la constitución biosocial-psicológica del ser humano, sin que hubiese todavía análisis cuantitativos o imagenología de los parámetros cerebrales y nerviosos.

Desde entonces la psicología ha dado un salto cualitativo en lo conceptual y con la cuantificación de los impulsos eléctricos del cerebro mediante electroencefalogramas, el análisis de bioquímicos

esenciales para la actividad cerebral, como la serotonina y la identificación de los subsistemas funcionales cerebrales mediante la imagenología por resonancia magnética, entre muchos otros avances, que permiten cada vez más la comprensión de los complejos procesos psicológicos sobre la interacción de sus componentes físicoquímicos básicos. Observamos nuevamente la evolución de la teoría desde lo cualitativo hacia la cuantificación.

Johann Kepler, Nicolás Copernikus, Galileo Galilei e Issac Newton, los grandes físicos y astrónomos que fundaron la física clásica, querían entender la "mecánica celeste" de los planetas, superando las contradicciones entre la cosmovisión geocéntrica de Ptolomeo-Aristóteles y los movimientos observables de los cuerpos celestes en el espacio. Sus avances, ferozmente combatidos por la inquisición de la Iglesia católica, terminaron en el gran paradigma de la física clásica, vinculado al nombre de Newton y las famosas tres leyes de ese genio de la ciencia.

La primera ley de Newton o "ley de la inercia" fue formulada de manera cualitativa; reza: "En la ausencia de fuerzas exteriores, todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a menos que actúe sobre él una fuerza que le obligue a cambiar dicho estado". En esta ley Newton no usa cuantificadores, excepto el cuantificador universal "todo", sino que describe una ley de interacción de fuerzas que se basa en tres categorías constitutivas: fuerza, cuerpo y estado de reposo o movimiento rectilíneo uniforme. En la segunda ley de Newton o "ley de fuerza", sí está presente la cuantificación. La ley dice: "La variación de momento lineal de un cuerpo es proporcional a la resultante total de las fuerzas actuando sobre dicho cuerpo y se produce en la dirección en que actúan las fuerzas". Esa ley permite cuantificar la relación entre las causas (fuerzas) que modifican el estado de un cuerpo (efectos de esas fuerzas) y expresarla matemáticamente en la ecuación:



3.4 CUANDO NO SE PUEDE O QUIERE MEDIR

Sólo en algunos contextos se justificaría dejar la investigación sin cuantificación precisa. Uno de ellos es cuando el fenómeno de investigación no puede medirse o contarse. Aclaramos, de paso, que de medición hablamos cuando el fenómeno es continuo (por ejemplo el agua o un gas) y de contar cuando es discreto, es decir, cuando sus unidades pueden contarse (una manada). Las razones para tales contextos pueden ser varias, entre otras: una población humana puede negarse a aceptar una encuesta; el fenómeno de investigación es singular o cuantitativamente muy reducido (una persona); por razones éticas no se pueden aplicar ciertas condiciones experimentales; la tecnología para medir un teorema o una hipótesis todavía no existe, tal como sucedió con ciertos teoremas de la teoría de la relatividad de Albert Einstein o la teoría de la evolución de Charles Darwin; no existen las condiciones de tiempo, dinero o conocimiento para realizar una muestra estadística representativa.

Un segundo escenario para no cuantificar los parámetros (propiedades) del fenómeno de investigación se da cuando los investigadores juzgan que no es necesario medir o contarlo. Este caso puede ocurrir cuando no se pretende obtener resultados generalizables de la investigación (una encuesta, por ejemplo); descubrir regularidades (leyes) del comportamiento de los fenómenos sociales y naturales, o cuando por razones de tiempo, curriculares o por desconocimiento metodológico se deja el estudio en el nivel de ensayo. Un tercer contexto justificador es el nivel de desarrollo alcanzado en una ciencia, porque recordemos que en la aurora de las disciplinas el desarrollo de las técnicas de medición suele ser incipiente.

Es interesante hacer notar que la tendencia general de evolución de la investigación científica es clara: por cada investigación que no pretende cuantificar el fenómeno se realizan alrededor de nueve que son cuantificadoras.

3.5 DEFINICIÓN DE LA INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

Las reflexiones anteriores nos llevan a la recomendación de que siempre, cuando sea posible, los investigadores, profesores y alumnos deben llevar a cabo investigaciones empíricas que alcancen el nivel de la medición cuantitativa matemática. Para simplificar la nomenclatura de este libro sólo hablaremos de investigaciones cuantitativas o mejor dicho cuantificadoras, cuando nos referimos a la investigación estándar de la ciencia empírica que se caracteriza a) por el uso de los dos lenguajes con, b) el peso debido del aspecto cuantificador, y c) la aplicación del protocolo científico, que es la secuencia interactiva de los cinco procedimientos o pasos del método científico.

4. PROTOCOLO, ENSAYO Y REPORTE CIENTÍFICO

El azar favorece sólo a la mente preparada.

LOUIS PASTEUR

Fundador de la microbiología

4.1 PROTOCOLO CIENTÍFICO: PLAN DE TRABAJO Y ESTRUCTURA CONDUCTORA

Emprender una investigación científica es en cierto sentido como irse a un viaje. Mientras el investigador se desplaza hacia la terra incognita (lo inexplorado) del conocimiento —navegando prácticamente en un océano de información, en donde no debe perderse— el viajero se traslada hacia algún lugar desconocido de la geografía. Ambos empeños requieren de planeación previa y control de la realización de ese plan, una especie de GPS, para ser exitosos. Por ejemplo, para viajar hay que definir el destino final del viaje (Lima, París, Beijing, etcétera); conocer los recursos necesarios y disponibles (dinero, tiempo); los medios factibles (avión, barco, por tierra); las condiciones climáticas y las fuentes de información (internet, agencias de viajes, líneas aéreas), entre otras variables (factores) pertinentes.

En la ciencia cuando se decide realizar un estudio, es decir, un viaje hacia lo desconocido, el plan de trabajo y su control de realización se llama protocolo científico. Por lo tanto, podemos definirlo como el diseño consciente y sistemático de las actividades de investigación que se realizarán dentro de un determinado tiempo, con determinados objetivos de conocimiento (analíticos) y recursos disponibles. Sin embargo, hay que advertir que algunos académicos emplean el concepto “protocolo científico” no sólo para el plan original de trabajo, sino también para el reporte final que se escribe cuando la investigación haya terminado. Para evitar confusiones nosotros llamaremos sólo al plan original de trabajo “protocolo científico”, mientras que el documento final lo denominamos “reporte de investigación”.

De cualquier manera es importante entender que el protocolo de investigación constituye una guía rigurosa del trabajo, pero es flexible. Se trata de una guía bien elaborada que se puede modificar durante la investigación y no de un esquema rígido e inamovible. No es una “receta de cocina”, como dicen algunos ignorantes. Sus cinco pasos forman una secuencia interactiva, es decir, no son pasos aislados, sino que se influencian mutuamente. Significa también que

el orden de su realización no es arbitrario, sino que debe seguir la sucesión indicada. Por ejemplo, no se puede formular la hipótesis (tercer paso) antes de haber desarrollado el marco teórico (segundo paso) o el planteamiento del problema (primer paso).

El protocolo es imprescindible en los dos escenarios principales en que normalmente se lleva a cabo una investigación: 1) cuando el sujeto cognoscente (investigador) es independiente, dispone de autonomía y de los medios para realizar el estudio que le interesa, lo que le proporciona la estructura analítica que lo conduce a través del trabajo, y 2) cuando tiene que someter el protocolo a la aprobación de alguna institución para que le financie el estudio.

4.2 REQUISITOS INSTITUCIONALES Y CIENTÍFICOS DEL PROTOCOLO

El diseño del protocolo de investigación de un estudio científico no siempre es fácil porque depende de una serie de factores, como la complejidad del fenómeno de investigación; el tipo de estudio (generalizable o no); el nivel de análisis (descriptivo, explicativo, predictivo); la metodología que se planea utilizar; la habilidad, motivación y experiencia del investigador, y los recursos disponibles.

A veces esas dificultades inherentes al diseño del protocolo de investigación se complican más, porque las organizaciones que financian los estudios (universidades, fundaciones, gobiernos, empresas) imponen en sus instructivos requisitos que poco o nada tienen que ver con la metodología científica; mezclan los requisitos científicos con los requisitos utilitaristas (pragmáticos) de su propia institución. Por lo tanto, para facilitar al estudiante el diseño del protocolo conviene diferenciar entre los dos tipos de criterios o requisitos que suelen componerlo, denominando a los primeros criterios o requisitos institucionales y a los segundos criterios o requisitos metodológicos del protocolo de investigación científica.

Los criterios institucionales varían de institución a institución y de país en país, según el interés específico de las organizaciones que apoyan la investigación. Por eso, no es posible dar sólo un modelo al educando. Sin embargo, esta situación no causa problemas al estudiante, porque cuando pretende registrar su investigación o pedir una beca la institución a la que se dirige le hará llegar su propio modelo de protocolo de investigación y le obligará a cumplirlo. En cuanto a los requisitos científicos del protocolo éstos son invariables en todo el mundo, pues siempre constan de los cinco pasos del método científico, realizados creativamente mediante la siguiente secuencia: 1) el planteamiento del problema; 2) el marco teórico; 3) la formulación de las hipótesis; 4) la verificación/ falsificación de las hipótesis, y 5) el análisis de los resultados y conclusiones.

Para ilustrar este punto nos servimos del modelo de protocolo de investigación que utiliza la Organización Panamericana de la Salud (OPS). En su Guía para escribir un protocolo de investigación, que es un documento de buena calidad y de fácil acceso en Internet. La OPS propone varios elementos básicos para un protocolo de investigación.

ESQUEMA BÁSICO DE UN PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN

Título de la investigación

Resumen

Planteamiento del problema (justificación científica)

Justificación y uso de los resultados (objetivos últimos, aplicabilidad)

Fundamento teórico (argumentación, respuestas posibles, hipótesis)

Objetivos de investigación (general y específicos)

Metodología

Definiciones operacionales (operacionalización)

Tipo y diseño general del estudio

Universo de estudio, selección y tamaño de la muestra, unidad de aná-

lisis y observación

Criterios de inclusión y exclusión

Intervención propuesta (sólo para este tipo de estudios)

Procedimientos para la recolección de información, instrumentos a uti-

lizar y métodos para el control de calidad de los datos

Procedimientos para garantizar aspectos éticos en las

investigaciones

con sujetos humanos.

Plan de análisis de los resultados

Métodos y modelos de análisis para los datos según tipo de variables

Programas a utilizar para análisis de datos

Referencias bibliográficas

Cronograma

Presupuesto

Anexos (instrumentos de recolección de información; ampliación de me

todos y procedimientos a utilizar, etcétera)

Como indicamos antes, se observa que este protocolo de investigación está estructurado conforme a los intereses particulares de la institución, en especial la utilidad práctica del estudio para su trabajo, para las organizaciones de salud pública y para los intereses del sector farmacológico. Sólo después vienen los aspectos teóricos y metodológicos. Por lo general, la estructura de los protocolos de investigación de las instituciones obedece a esta lógica utilitarista, porque si financian estudios esperan a cambio algún beneficio.

En este contexto debemos recalcar dos aspectos fundamentales para el alumno: a) los criterios institucionales o utilitaristas no tienen nada que ver con la metodología científica, y b) la estructura de esos protocolos de investigación no refleja el proceso intelectual real de la investigación científica tal como se da en el quehacer científico práctico. Por esa razón no sirven como guía de conducción para el estudiante que procura aprender la metodología científica.

Al considerar que esta obra tiene por objetivo pedagógico y metodológico enseñar el modo real de hacer investigación científica

entenderemos, en consecuencia, por protocolo científico o protocolo de investigación el plan de trabajo que se utiliza para realizar los cinco pasos del método científico.

4.3 PROTOCOLO Y ENSAYO CIENTÍFICO SE COMPLEMENTAN

Con la secuencia de los cinco procedimientos interactivos y el uso de lenguajes cualitativos y cuantitativos, el protocolo de investigación científica es el método más poderoso para conocer objetivamente al universo y producir conocimiento confiable, aun cuando paradójicamente muchos de los sistemas de enseñanza superior y media superior (bachillerato) no le dan la importancia que requiere. Esto es doblemente lamentable porque los estándares del trabajo y de la ética científica producen no sólo los cuadros científicos y técnicos para la sociedad del conocimiento, que decide sobre el nivel de vida de sus ciudadanos, sino también los ciudadanos democráticos que garantizan la salud mental de una democracia. Sólo ciudadanos capaces de analizar la realidad tal como objetivamente es, podrán ser inmunes ante los constantes intentos de manipulación a los que están expuestos en nuestras sociedades jerárquicas y desiguales. Por lo tanto, la formación política del ciudadano debería iniciarse con cursos de epistemología científica que le proporcionarán los instrumentos para diferenciar entre las verdades mentales o subjetivas y las verdades objetivas.

Sea como fuere, el modelo de enseñanza y razonamiento imperante en muchas ciencias sociales, como la historia, la economía, la psicología, la ciencia política o la sociología, y en la enseñanza media superior, no es el protocolo científico, sino el modelo y la cultura del ensayo. Esa cultura ensayística reduce los cinco procedimientos del método científico a tres y disminuye considerablemente el rigor en torno a las hipótesis, que son el núcleo del protocolo científico.

En la praxis, los tres pasos de este tipo de ensayo científico generalmente se denominan: 1) antecedentes, 2) desarrollo del tema y 3) conclusiones. Tal lógica investigativa es una aproximación al rigor del protocolo científico y su uso se justifica cuando el nivel del educando, los recursos disponibles o la finalidad del proceso de enseñanza-aprendizaje no permiten o no prevén la adquisición plena de la formación científica.

El ensayo científico es un escalón anterior al protocolo científico y debe considerarse, por lo tanto, como parte del espectro de la investigación objetiva.

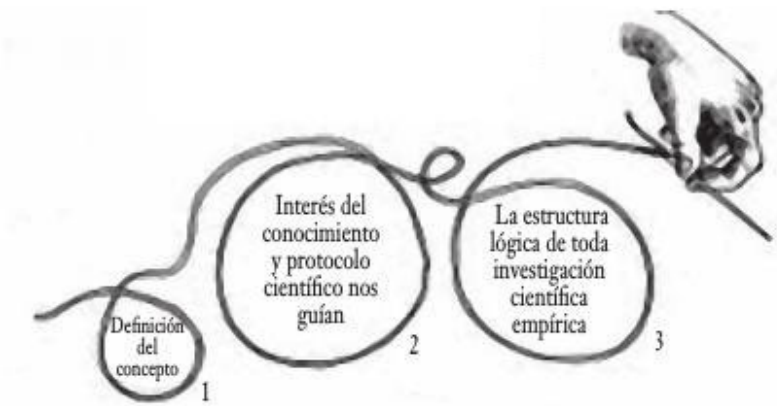
Lo deseable sería que todos los responsables de la educación en América Latina hicieran esfuerzos para elevar paso a paso la cultura ensayística investigativa universitaria hacia el nivel superior de la cultura del protocolo científico. Tal avance metodológico y epistemológico, junto con la divulgación y promoción adecuada de la satisfacción de asumir una carrera científica, tendría un impacto muy positivo entre la juventud y podría dar un salto cualitativo al nivel educativo y económico de nuestros países.

5. EL HILO ROJO DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

5.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO

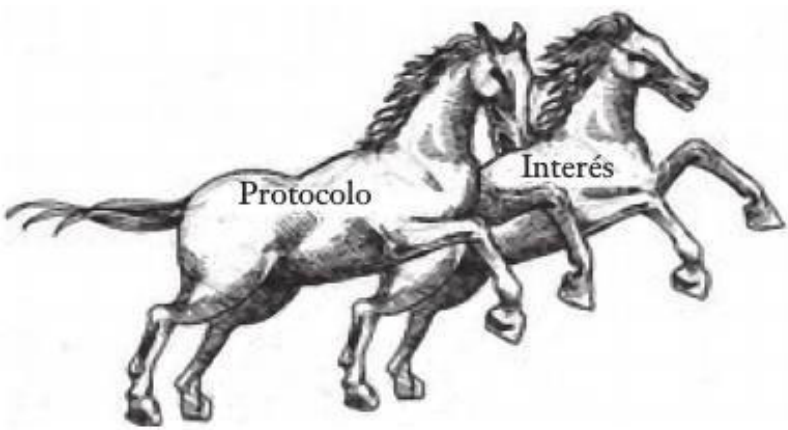
Podemos definir a la investigación científica como la actividad sistemática humana que, mediante el método científico y basada en el saber de las ciencias existentes, procura generar nuevos conocimientos objetivos sobre los fenómenos de la realidad natural y social, en las dimensiones del macrocosmos, mesocosmos y microcosmos.

El hilo rojo de la investigación científica



5.2 INTERÉS DE CONOCIMIENTO Y PROTOCOLO CIENTÍFICO NOS GUÍAN

A semejanza de una carreta jalada por dos buenos caballos, son dos los elementos que nos conducen a través de la investigación: nuestro interés de conocimiento y el protocolo científico. La correcta combinación de esos dos elementos hace que nuestra investigación se desarrolle en forma casi orgánica, como un sistema biológico que evoluciona a través de su programa genético.



Esa evolución programática se inicia con el interés (objetivo) general de conocimiento que nos lleva a la primera formulación del tema/título de la investigación. Esa primera noción sobre lo que queremos saber del fenómeno contiene en germen, es decir, en forma general e implícita, los objetivos específicos de la investigación. Esos objetivos específicos se vuelven explícitos y precisos al ser formulados en los enunciados de propósito. Los enunciados de propósito se convierten en enunciados hipotéticos de afirmación o negación —en hipótesis— al cambiar su forma gramatical y cumpliendo los demás requisitos de las hipótesis. Mediante uno o varios de los cuatro métodos de verificación se comprueba si la hipótesis es verdadera o falsa. Esa comprobación se

logra con los datos empíricos que los métodos de verificación producen sobre el fenómeno. La interpretación de esos datos —que son características (propiedades, manifestaciones) cuantitativas y cualitativas detectables, y con frecuencia medibles, del fenómeno, como por ejemplos la temperatura de un cuerpo, la velocidad de un carro, el efecto de un antibiótico sobre un microorganismo patógeno o el ingreso mensual de una familia— así como las conclusiones que permiten se realizan en el último capítulo de la investigación, que se llama “Análisis de resultados y conclusiones”. La estructura para graficar esa evolución del proceso investigativo se muestra en el siguiente apartado.

5.3 LA ESTRUCTURA LÓGICA DE TODA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EMPÍRICA

■

Interés de conocimiento/Tema/Objetivo general)			
Enunciados propositivos (Objetivos específicos)	EP1	EP2	EP3
Revisión de la literatura			
Hipótesis	H1	H2	H3
Verificación	V1	V2	V3
Documentación	Observación	Muestra	Experimento
Datos	Datos	Datos	Datos
Resultados/Conclusiones	R1	R2	R3

II. EL MÉTODO CIENTÍFICO Y SU USO

1. EL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

-

1.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO

Def. 1. El planteamiento del problema es la delimitación clara y precisa (sin ambigüedades) del fenómeno (objeto) de investigación, realizada por medio de preguntas, lecturas, trabajo manual, encuestas piloto, entrevistas, etcétera.

La delimitación se realiza mediante ocho pasos: 1) la formulación preliminar del tema o título de la investigación; 2) la delimitación del fenómeno (objeto, título) de investigación en el espacio físico-geográfico; 3) su delimitación en el tiempo; 4) su delimitación semántica, es decir, el análisis de los significados de sus principales conceptos mediante enciclopedias, internet y textos especializados; 5) la definición de los objetivos de la investigación mediante los enunciados de propósito; 6) la determinación de los recursos disponibles; 7) la ruta crítica; 8) la formulación definitiva del título de la investigación.

La función del planteamiento del problema consiste en indicarle al investigador si su proyecto de investigación es viable dentro de sus tiempos y recursos disponibles .

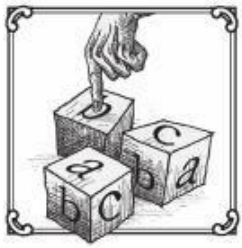
Def. 2. El fenómeno (objeto) de investigación es un aspecto de la realidad en el que se concentra nuestro interés de conocimiento y no se puede describir o explicar en forma inmediata o sin utilizar la teoría.

Def. 3. El enunciado de propósito expresa en forma breve cuál es la intención de conocimiento científico del investigador, respecto al fenómeno de investigación. Resume en forma concisa (en una frase) el resultado de las reflexiones del planteamiento del problema.

▪

problema
tema/título

Objeto de
investigación


b
c
a
b
c
a
b
c

Recursos disponibles

Fuerza de
trabajo
disponible

Recurso disponible

Tiempo disponible

Ruta crítica
1
2
3

Título aclarado

1.2 ORGANIZAR LA INFORMACIÓN: FICHAS Y MÉTODO SINÓPTICO-REFERENCIAL

Una vez que se haya diferenciado la lectura en información importante y secundaria (véase I., 2.6), el alumno tiene que almacenar la información importante para poder reactivarla cuando le sea preciso, por ejemplo, antes de los exámenes o en la investigación. Toda vez que existen múltiples sistemas para registrar la información jerarquizada y que las facultades de memorización del ser humano varían de persona en persona, el maestro debe encontrar junto con el alumno el sistema de registro de datos que más se adecua a sus habilidades individuales. El único criterio para su adopción debe ser la funcionalidad y eficiencia para el investigador, considerando dos aspectos esenciales: a) la facilidad con que se encuentra la información almacenada, y b) la facilidad con que se reactiva.

En las escuelas uno de los sistemas más comunes es la ficha bibliográfica o de trabajo, que se utiliza para registrar la información pertinente para la investigación. En torno a las fichas se ha creado toda una enorme burocracia e ideología que confunde al alumno con fichas bibliográficas, de trabajo, de contenido, de referencia, de referencia cruzada, de citas, etcétera, que distrae energías de la tarea real (investigar), fragmenta la información y mortifica a los educandos con formalidades absurdas, convirtiendo la ficha, frecuentemente, más en un medio de control de tareas que en una ayuda funcional a la investigación.

En el fondo, la información que debe registrar el alumno es sólo de dos tipos: 1) los contenidos pertinentes para la investigación, que pueden consistir en textos (definiciones, conceptos, resúmenes, argumentos), imágenes, datos y cuadros, y 2) la información que es necesaria para identificar las fuentes de la información. En la ficha tradicional se suele anotar: el nombre(s) y apellido(s) del autor; título de la obra (en letra cursiva); año de publicación de la obra; número de la edición, si hay varias; ciudad y país donde fue publicada, y el nombre de la editorial. Sin embargo, el investigador puede modificar ese esquema indicando sólo los datos que requiere

para ir rápidamente a la fuente.

Actualmente la ficha de cartón se ve sometida a dos tendencias de evolución: a) deja de elaborarse de manera manual para asumir formatos electrónicos, muchos de los cuales se pueden encontrar ya en internet, y b) es sometida cada vez más a los modelos que las universidades (Oxford, Gran Bretaña) u organizaciones (American Psychological Association-APA; Chicago Manual of Style, etcétera) exigen para trabajos o publicaciones que se realizan en sus respectivos ámbitos. Esos formatos electrónicos de fichas que se encuentran como aplicaciones para referencias bibliográficas online, comparten elementos comunes y otros que los distinguen, entre ellos determinadas formas de citar. La APA, por ejemplo, no permite que se usen recursos como ibid y op. cit., en las referencias bibliográficas de sus trabajos. La mayoría de esos programas está en inglés, muchos cuestan dinero (p. ej., EndNote) y es evidente que con frecuencia tienen más la función de resaltar la imagen corporativa de la institución/empresa, que serle funcional a la investigación del educando. Ante este panorama, uno de los programas recomendables es “Zotero”. Se trata de una aplicación de Firefox, que es gratuita y permite el almacenamiento de imágenes, fichas tradicionales y archivos en PDF (portable document format), entre otras funciones múltiples.

Una de las principales debilidades del sistema de fichas consiste en que fragmenta la investigación. Para evitar ese efecto nocivo de los “cartoncitos” tradicionales proponemos que para el sistema de almacenamiento de la información se use nuestro sistema sinóptico-referencial. Este sistema consiste en la combinación del protocolo de investigación con el llamado “estilo de Harvard” para referencias informativas. Según las preferencias y aptitudes del educando, ese método puede realizarse de manera manual sobre papel y/o de manera electrónica en la computadora.

El método sinóptico-referencial aprovecha las potencialidades de Internet y supera la principal debilidad de las fichas: la fragmentación de la información. Para el alumno de hoy, que se introduce en la investigación científica, el problema ya no consiste tanto en encontrar la información pertinente en algún libro o una biblioteca —Internet es una gigantesca biblioteca y hemeroteca con

instrumentos de búsqueda y replicación (download) de información extraordinariamente eficientes y de acceso instantáneo en tiempo real desde cualquier computadora conectada—, sino en saber evaluar su calidad e integrarla orgánicamente al proceso de investigación, es decir, asignarle el lugar adecuado en el protocolo (organigrama) de investigación. Para tal fin puede usar su protocolo de investigación como un árbol en la computadora, colocando la información (argumentos, datos, referencias) que recaba, en los puntos (ramificaciones) correspondientes de su protocolo de investigación. La fuente de esa información la agrega con el sistema de Harvard (véase más adelante el apartado III., 1) que usa únicamente tres datos: nombre del autor o de la institución, año de la publicación y página. Por ejemplo, si se encontrase alguna referencia importante en el libro de Guillermo H. Prescott, Historia de la Conquista del Perú, Editorial Shapire, Buenos Aires, Argentina, 1967, se pone simplemente el dato que interesa y como fuente (Prescott, 1967: 141). Si la información procede de Internet se registra el nombre y la dirección electrónica del portal (Web site).

Para el alumno que prefiere elaborar su estructura analítica de investigación (el protocolo) de manera manual le recomendamos que use un formato de papel Din A4, 3 o 2, donde apunta los principales argumentos y datos con sus fuentes, en el orden en que los va desarrollando según el protocolo. Si prefiere trabajar con fichas debe colocarlas en un tarjetero según el orden de su protocolo de investigación. De esa manera integra la información parcializada de las fichas en su sistema sinóptico-referencial de investigación.

1.3 LOS OCHO PROCEDIMIENTOS DEL PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.3.1 Título, tema y fenómeno (objeto) de investigación

En este libro usamos los conceptos tema de investigación y título de la investigación como sinónimos, es decir, como palabras con el mismo significado. Se justifica proceder de esta forma porque el título de la investigación debe expresar lo más importante (la esencia) del fenómeno o tema investigado. Donde sí existe una notable diferencia es entre los conceptos tema y título, por una parte, y fenómeno (objeto) de investigación, por otra. Esa diferencia se explica al final de este capítulo.

Aunque en los libros de metodología no suele darse importancia a la formulación del título o tema de investigación, como guía del proceso de análisis su función es muy importante. Esta importancia se debe a que el título/tema determina por primera vez el sector de la realidad que pretendemos investigar. Recorta como una tijera el fenómeno del universo dentro del cual se moverá nuestro trabajo de investigación y que está determinado por nuestro interés de conocimiento. Por lo tanto, el primer título/tema es el punto de partida de nuestra investigación, en donde nuestro interés de saber y la realidad correspondiente se unen. Orientándonos en este título/tema siempre sabremos si estamos dentro de los límites de la tarea definida o si nos hemos desviado del fenómeno de investigación.

Con frecuencia, el tema de investigación que se le define al educando o que surge en él como interés de conocimiento propio tiene una forma difusa o general, lo que dificulta su indagación sistemática. Es común, por ejemplo, que los principiantes de la investigación científica manifiesten un interés de conocimiento y lo presenten como tema de investigación en la siguiente forma: La calidad del agua; El aborto; Opiniones de la juventud mexicana sobre la sexualidad; La epidemia del A/H1N1; La crisis económica mundial. Ninguno de esos temas o títulos de investigación pueden

ser resueltos en la forma en que están expresados porque son demasiado generales. Para convertirlos en estudios factibles tienen que ser elaborados con los ocho procedimientos del planteamiento del problema.

El tema o título de investigación puede originarse de dos maneras. La primera se da cuando una institución exige un determinado estudio. Esto sucede con frecuencia en las universidades e instituciones de enseñanza media superior; los alumnos deben llevar a cabo investigaciones científicas como parte del sistema curricular. Otro caso son las grandes empresas, por ejemplo los laboratorios farmacéuticos; el empleado cumple con un perfil de trabajo que él no determina.

A veces, sin embargo, el interés de conocimiento no se deriva de una obligación institucional, sino se origina en el investigador por curiosidad o un impulso de exploración personal. Desde el punto de vista pedagógico es preferible que el investigador determine libremente su tópico (tema) porque tendrá mayor incentivo y motivación para trabajar en lo que le interesa, que en un tema impuesto. Para el profesor tiene una ventaja adicional la libre selección de la temática por parte del estudiante, porque le permite ser exigente en la evaluación del reporte final, ya que al realizar un estudio de su propia vocación, es decir, no enajenado, el alumno adquiere el compromiso moral de responder a la libertad de investigación con un excelente trabajo. No obstante, aunque el investigador trabaje en un tema impuesto, en el cual no tiene mayor interés personal, necesita tener la disciplina necesaria para cumplir con su tarea.

Una vez formulado el tema/título provisional de investigación, como punto de partida del trabajo, tenemos que proceder a quitarle las ambigüedades y generalidades. Para lograrlo seguimos con el segundo paso del planteamiento del problema.

1.3.2 Delimitación en el espacio físico-geográfico

El segundo paso en la delimitación del tema o fenómeno de investigación consiste en la definición de su espacio físico-

geográfico. La mejor manera de ilustrar este procedimiento es aplicándolo a algunos de los temas arriba mencionados. Tal como está formulado, el tema Opiniones de la juventud mexicana sobre la sexualidad abarca todo el inmenso espacio físico-geográfico de la República mexicana, desde la frontera norte con Estados Unidos hasta la frontera sur con Guatemala. Como no existe un estudio sistemático de esta materia en el país, el estudiante no puede remitirse a documentos ya elaborados —no puede hacer un estudio documental—, sino que estará obligado a llevar a cabo una investigación empírica, porque la única manera de realizar la investigación planeada consiste en la aplicación de una encuesta de opinión. Y ahí terminaría el proyecto de investigación, porque es obvio que —por razones de tiempo, dinero, falta de tecnología, experiencia, etcétera— un estudiante o un colectivo de estudiantes no podrían llevar a cabo tal empresa.

Al hacerle reflexionar sobre esta problemática el principiante opta normalmente por redefinir el tema de la siguiente manera: Opiniones de la juventud mexicana en el Distrito Federal sobre la sexualidad. Esa reducción del fenómeno de investigación en su aspecto físico-geográfico es un paso adelante, porque hace el tema mucho más accesible para la investigación. Sin embargo, el Distrito Federal tiene una extensión geográfica considerable y, sobre todo, una población de alrededor de nueve millones de habitantes. Por ende, sigue siendo imposible que el estudiante aplique una muestra representativa a esta población y, en consecuencia, la investigación no podrá realizarse.

Finalmente, el estudiante tendrá que optar por delimitar el fenómeno de investigación más en su dimensión de espacio físico, seleccionando, por ejemplo, un sector particular de la juventud mexicana capitalina para su encuesta. El tema podría quedar entonces de la siguiente manera: Opiniones de los estudiantes de primer ingreso en la Universidad Autónoma Metropolitana sobre la sexualidad. Claro está que la encuesta aplicada a esa población juvenil sería solamente representativa para ella, no para la juventud mexicana en general.

El tema El aborto es todavía más general que el anterior, pues no tiene ninguna limitación del área físico-geográfica de indagación.

Tal como está formulado abarca los abortos de todo tipo y de todas las sociedades humanas que han existido, por lo que no puede ser analizado en su forma actual. Conviene entonces delimitar en pasos sucesivos —y según el ejemplo anterior— cada vez más el espacio físico que engloba este fenómeno de investigación. Por ejemplo: El problema del aborto humano en México; El problema del aborto humano en el Distrito Federal; El problema del aborto humano en el Hospital X de la ciudad de México, hasta que se vuelva accesible para el investigador principiante.

Un tercer ejemplo nos brinda el tema La acústica en las aulas universitarias. Seguimos el mismo procedimiento que antes para delimitar cada vez más el espacio físico del fenómeno, para terminar, pongamos el caso, con ...en la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) situada en el Distrito Federal. Pero esta delimitación sigue siendo insuficiente porque la UAM está integrada por cinco unidades descentralizadas, las que posiblemente tendrán diferentes tipos de salones de clase. Por ende, se delimitaría el fenómeno de investigación todavía más, reduciéndose el universo del estudio a una sola unidad, por ejemplo, la unidad Xochimilco. Sin embargo, aún dentro de esta unidad hay diversos tipos de aulas, con diferentes tamaños, materiales, etcétera, hecho por el cual el investigador tendría que escoger el tipo específico que quisiera estudiar. El tema podría quedar finalmente como sigue: La acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, Distrito Federal.

1.3.3 Delimitación en el tiempo

Al igual que la delimitación en el espacio, la delimitación en el tiempo es generalmente necesaria para que el tema/fenómeno de investigación pueda ser trabajado satisfactoriamente ante las limitaciones de información, tiempo, recursos materiales y conocimientos del estudiante. Advertimos que la delimitación en el tiempo no se refiere al tiempo de investigación del que dispone el estudioso, sino al tiempo del fenómeno que más le interesa para su análisis.

En el tema La contaminación en México es inmediatamente obvio el

problema. El enunciado La contaminación en México abarca cronológicamente desde la constitución del Estado mexicano en 1821 hasta el presente. Sin embargo, al estudiante generalmente le interesa la contaminación actual, no todo el ciclo de destrucción del ambiente desde 1821. De ahí que el investigador tendrá que escoger el periodo que más le interese y sobre el cual exista la mayor información disponible. Un ejemplo sería, La contaminación en México durante el sexenio del presidente Salinas de Gortari, 1988-1994.

Lo mismo es válido para los demás temas. El problema del aborto se refiere a un fenómeno biológico que en su forma natural ha existido desde la aparición histórica del ser humano y que como práctica social ocurre desde hace miles de años. Por lo tanto, el alumno tendrá que reducir el horizonte de tiempo del fenómeno a un periodo que le interese y del cual consiga los datos necesarios para su trabajo.

1.3.4 Delimitación semántica

Mientras los tres primeros procedimientos son muy fáciles de utilizar, la delimitación semántica del tema de investigación resulta un poco más complicada. Entendemos por delimitación semántica la definición de los significados o contenidos de los conceptos usados, comenzando con los del título. La necesidad de aclarar los significados de los términos (palabras, conceptos, símbolos) usados en el tema/título de la investigación se debe a que frecuentemente un término tiene diferentes connotaciones o contenidos. Este problema se agrava porque el interés de conocimiento que determina el título/tema de investigación nace, por lo general, de manera espontánea y se expresa en términos del sentido común y del lenguaje cotidiano, que se caracterizan por su falta de precisión y claridad.

El problema de la ambigüedad o falta de claridad de los términos se presenta con mayor severidad en las ciencias sociales que en las naturales. Por tres razones: a) el interés de conocimiento/tema de investigación en las ciencias naturales se piensa y formula, por lo regular y desde el principio, en el lenguaje preciso de la disciplina

científica correspondiente, por ejemplo, química, medicina, etcétera; b) porque las ciencias naturales están más avanzadas en su metodología, y c) porque tratan, por lo general, fenómenos de investigación menos complejos, es decir, más fáciles de describir, explicar y predecir que los fenómenos del mundo social.

Por ejemplo el término "H2O" tiene un significado muy claro: se refiere a un fenómeno compuesto por dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno, denominado en el lenguaje común "agua". Asimismo, el término "ácido" se refiere a un electrolito que despacha iones de hidrógeno. En cambio, la palabra "democracia" tiene muchas connotaciones diferentes. Etimológicamente se trata de un compuesto griego que tiene el sentido de dominación (kratein) del pueblo (demos). En su país de origen, en la antigua Grecia, el concepto se refería a determinados derechos políticos y civiles para la clase dominante y los hombres griegos étnicos, mientras que la vasta población de esclavos y metecos, que realizaron el trabajo físico, carecía de los derechos humanos más elementales que vinculamos con un régimen democrático. También las mujeres griegas estaban desprovistas en aquella democracia de muchos derechos civiles. Semejante era la situación en la democracia romana.

En la democracia burguesa moderna el término se refiere básicamente a que todos los ciudadanos de un país tengan los mismos derechos formales, en particular, el derecho político de votar para elegir al parlamento, y que el sistema político tenga una división de poderes entre el poder judicial, el legislativo y el ejecutivo. En cambio, la democracia en los países socialistas europeos se definía como una democracia bajo hegemonía popular, es decir, que la conducción del Estado y de la sociedad estuviera en manos de las clases trabajadoras y campesinas, generalmente bajo la dirección de un sólo partido político. Sobre estos cuatro significados de "democracia" —el etimológico, el griego, el burgués y el socialista— tiene que reflexionar el investigador para escoger o definir la connotación del concepto que más le sea útil para abordar su tema/fenómeno de investigación.

Para controlar los efectos negativos que resultan de la ambigüedad que le es inherente a muchos conceptos, sobre todo en temas

sociales, las ciencias procuran formular o definir términos específicos, que tienen un sólo significado o que tienen un significado generalmente aceptado. Para el investigador esto implica que ha de analizar y definir el sentido de las principales categorías que piensa utilizar. Ilustraremos este procedimiento con algunos ejemplos.

El análisis de los conceptos del tema/título de investigación y de las relaciones entre ellos se lleva a cabo en varios pasos. En el primer paso se subrayan y enumeran los conceptos del tema de investigación conforme a su grado de dificultad o complejidad, empezando con los términos más sencillos y terminando con los más difíciles.

-

La contaminación del aire en la ciudad de México en el año 2000
4 3 2 1

En este tema el concepto más sencillo es “año 2000”, que significa (es definido): 1 de enero al 31 de diciembre de 2000. El segundo concepto más sencillo es “ciudad de México”, porque se refiere al área geográfico-administrativa definida con absoluta claridad como el “Distrito Federal”. Le sigue en grado de dificultad la palabra “aire”, que denomina un gas de determinada composición química. Finalmente, el concepto más complejo del tema es “contaminación”. Por ésta se entiende la impurificación de un sólido, líquido o gas por sustancias que se consideran indeseables por implicar efectos tóxicos, patológicos o disfuncionales.

Repitamos el mismo ejercicio con el siguiente tema:

La acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X en 200

4 3 3 3 2 1

La categoría más sencilla es 2000, le sigue UAM-X (definida como institución en su ley orgánica), después edificio H, planta baja (ambos determinados en sus planos arquitectónicos), aulas (fáciles de medir y describir o definir mediante una enciclopedia) y, finalmente, acústica.

El segundo paso en la delimitación semántica, después de haberse subrayado y enumerado los conceptos del tema en orden ascendente de su complejidad, consiste en consultar varias enciclopedias impresas o electrónicas para entender el significado de cada uno de los conceptos, empezando nuevamente con los más sencillos. Se recomienda que se consulten varias (mínimo tres) enciclopedias sobre cada concepto, por la mala calidad y las tendencias ideológicas que muchas de ellas ostentan, sobre todo en lo referente a los conceptos necesarios para investigar fenómenos sociales y políticos.

Para darse cuenta de la diversidad y mala calidad de muchas definiciones que se encuentran en enciclopedias y diccionarios generales, conviene que el alumno realice el ejercicio de consultar varias obras de este género sobre términos como “aborto”, “indio”, “dios”, entre otros. Asimismo, existe la posibilidad de usar diccionarios o enciclopedias especializados —medicina, filosofía, física, economía, etcétera— y es preferible que el alumno recurra a éstos, aunque debe verlos también con mente crítica, porque muchos de ellos distorsionan el conocimiento científico por influencia de los valores subjetivos de sus autores.

Entre las diversas definiciones, que encontrará el investigador principiante para aclarar las palabras que conforman su tema de investigación, ha de escoger aquellas que más se adecuan a sus objetivos de indagación. Frecuentemente, tal decisión trascenderá su nivel de conocimiento y capacidad de decisión, de ahí que necesitará acudir al maestro para que éste le asesore en un diálogo sobre el problema en cuestión.

El tercer paso en la delimitación semántica consiste en la selección definitiva de los conceptos y/o sus respectivos significados por parte del estudioso. A veces, ninguna de las definiciones o conceptos

encontrados en enciclopedias satisface sus necesidades de investigación o no las satisface completamente. En tal caso, tiene que formular su propia definición o mejorar una definición deficiente, tarea que por lo general tendrá que realizar en colaboración con su profesor.

Una última reflexión en el proceso de delimitación semántica debe dedicarse a las relaciones sintácticas posibles y permitidas entre las palabras y signos que forman el tema (enunciado) de investigación. Estas relaciones posibles y permitidas están formuladas en la gramática de cada idioma natural, en este caso, del castellano, así como en la lógica formal y la matemática. Al respetar el investigador principiante las reglas gramaticales de la sintaxis y de la lógica formal —por ejemplo el axioma de la exclusión de los contrarios— puede estar seguro que, junto con la delimitación semántica, su interés de conocimiento originario se está convirtiendo en un tema/fenómeno de investigación susceptible de ser analizado profunda y sistemáticamente.

1.3.5 Los enunciados de propósito

Para obtener el conocimiento deseado es importante que el investigador tenga claridad sobre lo que quiere saber del fenómeno bajo investigación. Para lograr esa claridad es forzoso que redacte esos objetivos en forma de enunciados. Tales enunciados, que llamamos enunciados de propósito (E.P.), deben tener la siguiente forma gramatical: El propósito de esta investigación es conocer/ saber...

Mientras el tema/título de la investigación define y resume el aspecto del universo que nos interesa investigar, el avance de la investigación exige definiciones más específicas de nuestros intereses de conocimiento. Estos intereses de conocimiento específicos son expresados mediante sendos enunciados de propósito. De ahí que a cada interés específico de saber corresponde un enunciado de propósito.

A fin de no perder la claridad en la estructuración de nuestros enunciados de propósito los enumeramos con dígitos.

Por ejemplo, para el tema de La contaminación del aire en la ciudad de México en el año 2000 el investigador podría formular —según lo que le interese saber— los siguientes enunciados de propósito:

E.P.1 : El propósito de esta investigación es conocer la concentración promedio de ozono en el aire de la ciudad de México en el año 2000.

E.P.2 : El propósito de esta investigación es saber en qué mes se dio la concentración más alta de plomo en el aire de la ciudad de México en el año 2000.

E.P.3 : El propósito de esta investigación es conocer las causas principales de la contaminación del aire en la ciudad de México en el año 2000.

E.P.4 : El propósito de esta investigación es saber si la Secretaría de Desarrollo Social implementó medidas para reducir la contaminación del aire en la ciudad de México en el año 2000.

E.P.5 : El propósito de esta investigación es conocer la proporción entre el total de gastos que la Secretaría de Desarrollo Social dedicó en el año 2000 a la reducción de la contaminación del aire en la ciudad de México y el total de gastos que dedicó para su propio mantenimiento.

Para el tema La acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco en el año 2000 se podrían formular las siguientes oraciones tópicas.

E.P.1 : El propósito de esta investigación es conocer la calidad de la acústica en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X, en el año 2000.

E.P.2 : El propósito de esta investigación es saber si el grado de inteligibilidad de la palabra hablada en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X cumple con los estándares internacionales respectivos, en el año 2000.

E.P.3 : El propósito de esta investigación es conocer el grado de interferencia sonora en la acústica de las aulas...

E.P.4 : El propósito de esta investigación es saber si las aulas del edificio H... están construidas con materiales que son funcionales para la absorción de la energía de las ondas sonoras, en el año 2000.

E.P.5 : El propósito de esta investigación es saber si las aulas del edificio H... tienen una estructura arquitectónica que es funcional para la conducción de las ondas sonoras, en el año 2000.

E.P.6 : El propósito de esta investigación es saber si la acústica de las aulas del edificio H... incide positiva o negativamente en el proceso de aprendizaje de los alumnos, en el año 2000.

En lo referente al tema de El aborto en el Hospital X de la ciudad de México en el año 2000, nuevamente múltiples enunciados de propósito son posibles; por ejemplo:

E.P.1 : El propósito de esta investigación es conocer la definición institucional del aborto en el Hospital X de la ciudad de México en el año 2000.

E.P.2 : El propósito de esta investigación es saber si, conforme a esta definición, se presentaron abortos en el Hospital X de la ciudad de México en el año 2000.

E.P.3 : El propósito de esta investigación es saber cuántos abortos naturales y cuántos abortos inducidos se presentaron en el Hospital X...

E.P.4 : El propósito de esta investigación es saber si a las mujeres que abortaron en el Hospital X... se les dio apoyo/terapia psicológica antes y después del aborto, en el año 2000.

E.P.5 : Si se dio apoyo psicológico: el propósito de esta investigación es saber en qué forma y con qué duración e intensidad se prestó este apoyo en el Hospital X...

E.P.6 : Si no se dio apoyo psicológico: el propósito de esta investigación es saber la razón por la cual no se dio apoyo psicológico a las mujeres intervenidas en el Hospital X...

E.P.7 : El propósito de esta investigación es saber si las mujeres que

abortaron o fueron tratadas después de un aborto en el Hospital X... se sintieron discriminadas por el personal que las atendió, en el año 2000.

E.P.8 : El propósito de esta investigación es saber si los médicos de la sección de ginecología y obstetricia del Hospital X... piensan que la decisión de abortar es un derecho que compete exclusivamente a la mujer embarazada, en el año 2000.

E.P.9 : El propósito de esta investigación es saber si las enfermeras de la sección de ginecología y obstetricia del Hospital X... piensan que la decisión de abortar es un derecho que compete exclusivamente a la mujer embarazada, en el año 2000.

E.P.10 : El propósito de esta investigación es saber a partir de qué mes los médicos de la sección de ginecología y obstetricia del Hospital X... consideran al feto un ser humano, en el año 2000.

Finalmente, en el tema Opiniones de la juventud mexicana del Distrito Federal sobre la sexualidad, en el año 2001 algunos enunciados de propósito tendrían la siguiente forma.

E.P.1 : El propósito de esta investigación es saber si los jóvenes capitalinos afirman en su mayoría el derecho a tener relaciones sexuales prematrimoniales, en el año 2001.

E.P.2 : El propósito de esta investigación es saber si la mayoría de los jóvenes capitalinos cree que el uso del condón es una protección contra el SIDA, en el año 2001.

E.P.3 : El propósito de esta investigación es saber si los jóvenes capitalinos creen que el motivo principal del matrimonio es el amor, en el año 2001.

E.P.4 : El propósito de esta investigación es saber si los jóvenes capitalinos consideran el sexo oral como una práctica sexual normal, en el año 2001.

Como revelan estos cuatro ejemplos, los conocimientos particulares o específicos que puede obtener el estudiante del tema/fenómeno de investigación son múltiples. Por ende debe escoger los que más

le interesan y que puedan ser indagados durante el tiempo y con los medios investigativos que tiene a su alcance. Por lo que debe proceder de dos maneras: redactar un número de enunciados de propósito posibles y seleccionar después los que le interesan más o se limita, de antemano, a formular sólo uno o dos, sin preocuparse por los demás que serían posibles.

Si nos detenemos un momento para analizar los enunciados de propósito que hemos formulado, nos daremos cuenta que son de dos tipos: a) unos que sólo pretenden averiguar la presencia o ausencia de un fenómeno o de una característica (propiedad) de un fenómeno, y b) otros que se formulan para conocer una relación entre diferentes factores (variables), que puede ser de causa-efecto (causal) o de una asociación no-causal, pero estadísticamente comprobable. Los primeros los denominamos enunciados propositivos de constatación —porque pretenden constatar la presencia o ausencia de un fenómeno— o de primer grado, y a los segundos los referiremos como enunciados propositivos de relación causal o relación estadística, o también como enunciados de propósito de segundo y tercer grado.

En el primer tema La contaminación... todos los enunciados de propósito, menos el E.P.3, son de primer grado. En el tema de La acústica... los enunciados de propósito E.P.1,2,3,4,5 son de constatación, mientras el E.P.6 es causal. En El problema del aborto... los enunciados de primer grado son: E.P.1,2,3,4,5,7,8,9,10; el E.P.6 implica una relación causal y por lo tanto es de segundo grado. En Opiniones de... todos los enunciados son de primer grado.

A lo largo del proceso de delimitación del tema/fenómeno de investigación, mediante los cinco procedimientos aquí reseñados, el estudiante se da cuenta que el tema pierde cada vez más su extensión y generalidad para volverse más específico y profundo. Es decir, los cinco pasos de delimitación introducen al investigador en un diálogo con el fenómeno de investigación en el cual no solamente logra aclarar su verdadero interés sobre él, sino también su conceptualización de una forma realista.

Este proceso de aprendizaje y de doble conocimiento —en el que el investigador entiende cada vez más a su verdadero interés y capacidad real de conocimiento, al igual que al tema/fenómeno de

investigación— es fundamental para el buen desarrollo de la investigación, porque es la base del "edificio investigativo" que el alumno pretende erigir. Se refiere, en buena medida, a la dificultad analítica que Albert Einstein una vez formuló de la siguiente manera: "Lo difícil en ciencia no es encontrar las respuestas correctas, sino plantear las preguntas en forma correcta".

En este proceso de convertir un nebuloso y amplio interés de conocimiento original en un tema/fenómeno de investigación estructurado que pueda ser abordado con éxito, el estudioso necesita tener la mente abierta para modificar el tema/título original o sustituirlo. Porque con cierta frecuencia se dará el caso que el deseo de conocer un fenómeno sistemáticamente no pueda ser satisfecho por las limitaciones de conocimiento, tiempo, dinero, tecnología, información, apoyo, etcétera, que suelen revelarse a lo largo de los primeros pasos del protocolo científico. Únicamente cuando se ha determinado la forma de verificar las hipótesis, en el cuarto procedimiento del protocolo (II., 4), el tema/título ya no puede ser modificado.

1.3.6 Los recursos de investigación

El paso que sigue para estructurar bien el tema/fenómeno de investigación consiste en un "inventario" concienzudo de los recursos disponibles. El recurso más importante es la fuerza de trabajo disponible. Aquí se trata de la cantidad de personas/tiempo que participa activamente en la investigación y su calidad en cuanto a conocimientos, habilidades, disposición y disciplina pertinentes. Cuando el estudio es realizado por una sola persona este cálculo es relativamente fácil, porque el investigador conoce su potencial y sus limitaciones. Pero cuando se trata de un grupo de estudiantes es necesario ser realista en cuanto a las variables mencionadas. Con frecuencia en un grupo de seis estudiantes hay uno o dos que pretenden pasar el semestre sin esforzarse en la investigación, hecho que disminuye el posible rendimiento del grupo y causa fricciones sociales. Asimismo, deben tomarse en cuenta las distintas cargas universitarias, como las cátedras, las lecturas para los seminarios y los eventuales talleres obligatorios. Además, las responsabilidades familiares, las largas horas en el tráfico y el

trabajo remunerado, en su caso, complican la situación y tienen que tomarse en consideración para llegar a una estimación realista de las horas de trabajo disponibles para la investigación.

Los conocimientos específicos —por ejemplo idiomas como el inglés — necesarios para ciertos tipos de análisis, al igual que determinadas tecnologías, son también de suma importancia. En ciencias sociales la aplicación de muestras estadísticas es un tipo de investigación frecuente. Por lo general, los estudiantes subestiman las dificultades y el trabajo que presenta este tipo de análisis científico, no sólo en el diseño del cuestionario y su aplicación sino, sobre todo, en la evaluación.

Para procesar los cuestionarios aplicados se utiliza con frecuencia el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), es decir un programa computacional diseñado para producir, sobre la base de los datos recabados, las medidas estadísticas descriptivas e inferenciales y su graficación adecuada, que permiten la interpretación final de las respuestas obtenidas. Para evaluar adecuadamente una encuesta se requiere, por ende, a) de una computadora, b) del programa SPSS o, al menos, de un programa sencillo como el Excel, y c) de una persona que sepa manejarlos y que esté dispuesta a invertir su tiempo en proporcionar tal servicio. En este contexto, recomendamos el software libre Gretl (anexo 6).

Hoy en día no son aparatos relativamente simples —como lo fue el caso de Galileo con un telescopio rudimentario— los que permiten hacer descubrimientos, sino tecnologías por lo regular muy costosas, sobre todo en las ciencias naturales. Esas tecnologías están normalmente sólo a la disposición de instituciones, hecho por el que el estudiante tiene que asegurar el permiso de su uso antes de iniciar el proceso de investigación. Este es el caso en temas de las ciencias naturales, donde se puede requerir de laboratorios y facilidades de experimentación o prácticas de campo.

Aunque los conocimientos y las tecnologías especializadas son cada vez más importantes en la indagación científica, no por eso la disponibilidad de la información ha perdido su enorme peso. De hecho se puede decir que de la calidad de la información disponible depende en gran medida la calidad de la investigación. De ahí que al formularse el tema de investigación es imprescindible

preocuparse enseguida por el estado de información accesible que se requiere para llevar a cabo el estudio.

Es frecuente que no exista literatura suficiente para realizar el trabajo de investigación o si existe no es fácilmente accesible para los alumnos. En términos generales, la infraestructura informativa en los países latinoamericanos es muy deficiente. Hay pocas bibliotecas y hemerotecas en relación con la cantidad de estudiantes y aún menos bibliotecas que cuenten con amplios acervos actualizados de libros. Los servicios de reproducción dentro de las bibliotecas y hemerotecas son casi siempre ineficientes y burocráticos, y por lo regular cierran el fin de semana, precisamente cuando los estudiantes que trabajan tienen más tiempo para aprovecharlos. De otra parte, los bancos de datos que existen son muy caros para alumnos o son exclusivamente para profesores. Los servicios de información especializados que venden materiales seleccionados sobre determinados temas pueden resultar costosos para el estudiante popular. Además de que muchas veces no se valora la compra de libros como una inversión para adquirir conocimiento.

Frente a todo esto se puede recurrir a Internet que proporciona una valiosa ayuda. Desde las primeras bibliotecas de la historia —por ejemplo la babilónica del templo de Nippur (3500 a 450 a.n.e.), que contaba con más de cincuenta mil tablillas de arcilla de letra cuneiforme— hasta la más avanzada de la actualidad —la Biblioteca del Congreso estadounidense (Library of Congress) que permite, en segundos, el acceso por computadora a más de veinte millones de libros— se convierten en herramientas útiles para los propósitos del investigador. La información y su eficiente uso resultan clave para el logro de toda investigación. Por lo tanto, el estudiante no deberá tomar la decisión sobre el tema definitivo a investigar, sin antes haber explorado sus posibilidades de búsqueda de información en Internet.

1.3.7 Ruta crítica

El tiempo absoluto que está disponible para el estudio es otra variable relevante que tenemos que considerar en la investigación.

Según universidad, profesor y grado académico, el tiempo concedido para la investigación puede variar de varias semanas a varios años. Para tener una idea aproximada del tiempo disponible para cada una de las cinco etapas del protocolo científico, el investigador debe repartir el tiempo absoluto disponible entre esas cinco etapas, cuando planea la investigación. De esta forma relaciona las tareas con el calendario y tiene cierto control sobre el peligro de excederse en el tiempo en alguna de las etapas, poniendo en peligro la entrega del reporte final en la fecha estipulada. Esa calendarización de las cinco etapas se suele llamar la "ruta crítica". Es conveniente que el alumno aproveche la experiencia del maestro para que le asesore en la elaboración de esa ruta crítica de la investigación, es decir, que estimen en conjunto cuánto tiempo aproximadamente llevará cada etapa del estudio.

1.3.8 Función del título de la investigación

El título resume lo más importante del fenómeno de investigación, es decir, delimita el aspecto del universo que nos interesa y expresa nuestro interés de conocimiento en él. En este sentido, es la guía general del proceso de investigación que permite saber si estamos dentro del tema (objeto de investigación) o si, por algún motivo, nos hemos apartado de él. Su función es comparable al enunciado "Quiero viajar a Montevideo", porque tal enunciado me guiará en la organización de todos los detalles del proceso. Por ello, el título no es algo secundario o algo que se pueda formular al final de la investigación. Para cumplir con su función de conducirnos debe formularse como título provisional (interés de conocimiento inicial) al comienzo de la investigación y depurarlo mediante el planteamiento del problema, tal como explicamos en el apartado 1.3.1, de esta sección II del libro.

En esta direccionalidad general que proporciona el título al proceso de la investigación se formulan los enunciados de propósito particulares, que posteriormente se convierten en las hipótesis de la investigación. Es decir, el título, los enunciados de propósito y las hipótesis se complementan en la estructuración de la investigación. Se trata de tres tipos de guía o patrones de conducción imprescindibles.

1.4 TÍTULO, TEMA, SUJETO Y OBJETO

Para terminar este capítulo conviene esclarecer tres aspectos importantes: 1) la relación entre el tema o título de investigación y el fenómeno de investigación; 2) la diferencia entre fenómeno y objeto de investigación, y 3) la diferencia entre sujeto y objeto.

En cuanto al primer aspecto se identifica con frecuencia el tema o título de la investigación con el fenómeno de investigación, lo que no es correcto del todo. La diferencia entre ambos radica en lo siguiente: el tema de la investigación es, como ya especificamos, un interés de conocimiento que se expresa en una frase o formulación (enunciado, proposición), como lo es La contaminación. Dicho enunciado constituye el tema o título de la investigación. En cambio, el fenómeno (objeto) de investigación es el fenómeno real al que se refiere el enunciado (la frase), por ejemplo: la basura en océanos, ríos y calles; las partículas suspendidas en el aire; el excesivo ruido callejero; etcétera. En otras palabras, el fenómeno de investigación en el análisis científico es un fenómeno real, objetivo y comprobable que existe en el universo de manera independiente del interés de conocimiento y del tema de investigación que pudiera tener alguna persona sobre él. El tema o título de investigación es su expresión o referente simbólico (es decir, expresado en una frase, un enunciado, palabras, números, etcétera) o, si se quiere, el lazo enunciado que vincula al investigador con el fenómeno de la realidad.

Otro ejemplo para ilustrar la diferencia entre tema y fenómeno de investigación es el siguiente. Si el maestro le pide a un alumno que analice las características físicas de su mesa de trabajo —que denominamos “A”— y que apunte su tema de investigación en el pizarrón, escribirá: Las características físicas de la mesa A en el aula X. El tema o título de investigación está, por ende, en el pizarrón como un enunciado, mientras que el objeto de investigación sigue en su lugar físico apartado del pizarrón.

Establecida esta diferencia entre los dos elementos —que el fenómeno de investigación es el fenómeno real y el tema de

investigación el enunciado sobre el fenómeno real— y teniéndola presente podemos considerarlos, para los fines explicativos de este capítulo, como si fueran sinónimos, ya que nos permitirá tratar la siguiente problemática de una manera más sencilla. Sin embargo, en este libro hablaremos de manera preferencial del fenómeno de investigación.

En cuanto al segundo aspecto observamos que en los países de habla castellana se acostumbra hablar del "objeto de investigación". Ese lenguaje no es el más idóneo y probablemente sería mejor sustituirlo por el concepto fenómeno. La necesidad de esta precisión del lenguaje radica en la constitución del cosmos que determina los posibles fenómenos de investigación científica. El mundo que conocemos está constituido por materia física (y probablemente antimateria) que tiene dos modos de existencia: como materia física (sustancia) o radiación física. De materia física hablamos cuando ésta se mueve a una velocidad menor a la de la luz (300 000 kilómetros por segundo) y de radiación física cuando se mueve a la velocidad de la luz.

Además de la materia (piedras, carros, luz) o los sistemas biológicos (plantas, animales) existen los productos psicológicos o ideales de la materia (sueños, números, lenguajes, angustias, ideas, palabras, utopías, entre otros). La materia, cuando es altamente organizada como en el sistema cerebral humano, puede generar tales productos ideales. En cambio, lo ideal no puede generar materia o radiación física; sus productos psicológicos dependen de la existencia de la materia. Lo anterior es fácil de entender: después de la muerte nadie escribe o envía cartas.

De esa realidad cósmica se derivan los posibles fenómenos de investigación científica: 1) La materia física como objeto (mesa, roca, planta, animal, ser humano); 2) La materia física como radiación (espectro electromagnético); 3) El ser humano como sujeto individual y social y sus productos ideales, y 4) Las relaciones entre esos cuatro elementos del ser. Vemos que el concepto "objeto de investigación" es muy limitado para representar el universo de fenómenos de investigación posibles que ofrece el cosmos, particularmente si tomamos en consideración que la mayoría de las investigaciones se dirige a relaciones entre los

fenómenos, no a objetos.

Finalmente, la diferencia entre los conceptos sujeto y objeto es más difícil de explicar. Como sujeto entendemos en este libro un ente biológico dotado de lenguaje y razón. Siendo el mono sapiens el único sistema biológico que dispone de ciertas complejas funciones neurológicas que le permiten el lenguaje y un pensamiento sofisticado, entonces entendemos al sujeto como sinónimo de ser humano. El término objeto se deriva del latín obicere que significa contraponerse. Definimos, por lo tanto, en una primera aproximación, que todo lo que existe fuera del sujeto —que le es externo o que se le "contrapone"— es un objeto. Los objetos, en este sentido, pueden pertenecer al mundo de la naturaleza o al mundo social, es decir, formar parte de la sociedad.

En este sentido epistemológico queda claro que un sujeto (un ser humano) es al mismo tiempo y sin perder su carácter de sujeto un objeto para otros humanos, porque les es externo, se les "contrapone". Es decir, sólo el ser humano tiene el doble carácter de sujeto y objeto; todos los demás entes son simples objetos, y nada más. Resumiendo: 1) el ser humano es un sujeto por tener la facultad de la razón; 2) sin perder su carácter de sujeto es para otros, al mismo tiempo, un objeto (de conocimiento, trato, explotación, etcétera), y 3) el sujeto puede ser para sí mismo un objeto porque con nuestra mente podemos analizarnos desde "fuera", por ejemplo reflexionando por qué estamos alegres, tristes, por qué nos duele la cabeza, etcétera.

2. MARCO TEÓRICO, REVISIÓN DE LITERATURA Y MARCO HISTÓRICO

-

2.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO

Def. 4. El marco teórico es el resultado de la selección de teorías, conceptos, conocimientos y métodos científicos, que el investigador requiere para describir y explicar objetivamente el fenómeno de investigación, en su estado histórico, actual o futuro.

Def. 5. El marco histórico es la selección de conocimientos sobre el fenómeno de investigación que el investigador considera pertinente para describir (relatar) su pasado. Esa retrospectiva toma como punto de partida la fecha de delimitación del fenómeno en el tiempo, realizada en el planteamiento del problema.

Def. 6. La descripción científica del fenómeno es la actividad que de acuerdo al marco teórico reproduce conceptualmente y, si es posible, en forma cuantitativa las propiedades del fenómeno de investigación, que conforme al interés de conocimiento del investigador se consideran las principales.

Def. 4

No puedes explicar sin teoría científica

Objeto de investigación

Antecedentes científicos

Def. 5

Descripción científica

Registrar las propiedades del fenómeno

Def. 6

2.2 LA CONSULTA MÉDICA: MODELO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Una investigación científica puede apoyarse en tres tipos de conocimiento: 1) el conocimiento empírico sobre el estado actual del fenómeno de investigación (descripción científica del fenómeno); 2) las teorías científicas ya elaboradas, con sus conceptos, conocimientos y métodos, y 3) el conocimiento sobre el pasado del fenómeno (marco histórico o antecedentes).

Para ejemplificar esos tres tipos de conocimiento podemos usar una consulta médica como modelo (paradigma). Supongamos que una persona llega con un gastroenterólogo y se queja de un dolor en el estómago. En términos metodológicos, el médico se encuentra ante el fenómeno de una relación causal de la cual conoce el efecto o variable dependiente (dolor), pero ignora la causa, la variable independiente. Para resolver este problema de investigación el galeno procederá de la siguiente manera: analizará primero los parámetros (indicadores) generales de la salud del paciente como la temperatura corporal, el peso, la tensión arterial y la frecuencia cardiaca para, de inmediato, revisar con las manos las zonas afectadas del vientre. Esta primera revisión o acercamiento al fenómeno de investigación —el dolor estomacal del paciente X— le permite tener una primera hipótesis sobre las posibles causas (variables independientes) de ese dolor. La información empírica elaborada de esta forma, sobre el fenómeno de investigación, le facilita al médico (científico) conocer y describir al fenómeno (paciente) en su estado actual. Cuando ese conocimiento empírico no lo considera suficiente para diagnosticar con precisión las causas del dolor, entonces lo profundiza mediante la recolección de información (datos) con métodos diagnósticos más avanzados como tomografías, ultrasonidos, análisis de sangre y estudios de rayos X.

En toda esa fase de reconocimiento y descripción científica del estado del fenómeno, el médico es guiado por su experiencia práctica y su conocimiento o marco teórico, es decir, teorías, conceptos, conocimientos y métodos científicos que aprendió en la universidad y que le permiten interpretar los datos empíricos que

percibe o recaba. De la combinación de esos dos tipos de conocimiento, el empírico y el teórico, el médico construye su primera hipótesis, es decir, una conjetura fundada sobre las causas del dolor (efecto) del paciente.

Paralelamente a la elaboración de esos dos tipos de conocimiento el médico utilizará una serie de preguntas sobre la evolución del malestar del paciente (cuánto tiempo lleva, qué comió, qué enfermedades estomacales hay en la familia), con la esperanza de obtener datos adicionales sobre las posibles causas de la enfermedad. Este es el tercer tipo de conocimiento empleado, el marco histórico o los antecedentes del fenómeno de investigación. En el análisis científico la importancia de cada uno de estos tres tipos de conocimiento varía según el fenómeno de investigación, pero es correcto afirmar que el decisivo siempre es el teórico científico y el empírico. El primero se encuentra recabado en el marco teórico, el segundo se encuentra en el fenómeno real mismo.

Este modelo de diagnóstico de la realidad difiere de la tarea de investigación asignada al alumno en un punto clave: el alumno no domina todavía la teoría ni tiene la experiencia práctica para realizar este tipo de análisis científico. Se encuentra apenas en el proceso de adquirirlas. La praxis sólo la puede desarrollar a través del tiempo ejerciendo la investigación, pero la teoría y su uso la puede aprender por el privilegio de encontrarse en una institución de educación media superior o superior. Debemos enseñarle, por consiguiente, las dos vías para diseñar el tan importante marco teórico.

2.3 DOS MODOS DE FORMULAR EL MARCO TEÓRICO

2.3.1 Revisión de la literatura

En los protocolos de investigación de las ciencias naturales y en la literatura científica anglosajona el lector estudiantil encuentra con frecuencia la indicación metodológica “revisión de la literatura”, en lugar de lo que en el lenguaje castellano se suele llamar marco teórico. Explicamos brevemente las dos prácticas metodológicas, dejando a los maestros y alumnos la decisión acerca de cuál de los dos métodos les parezca más útil y fácil de emplear.

La razón que ha producido el método llamado revisión de la literatura consiste en que el “edificio” de conocimientos y métodos científicos elaborados a lo largo de la historia humana es como una pirámide, en la cual se construyen nuevos niveles de conocimiento sobre los ya existentes. Toda vez que el conocimiento científico progresa constantemente y que cada nuevo conocimiento científico se basa en el conocimiento anterior más avanzado, es racional suponer que los conocimientos más avanzados son también los conocimientos más recientemente registrados en las publicaciones científicas pertinentes. Este supuesto racional y pertinente determina el proceso de construcción del marco teórico en las ciencias de la naturaleza.

Al tomar como punto de partida para la investigación propia las investigaciones más recientes publicadas por la comunidad científica internacional, el investigador decide hasta dónde se regresa en la cadena de antecedentes teóricos. Puede recurrir a los fundadores de los grandes paradigmas científicos o incluso a los paradigmas precientíficos relacionados, para entender el proceso histórico que logró generar el conocimiento actual y, eventualmente, encontrar inspiraciones o aspectos de investigación que le pueden ser de utilidad para su propio trabajo.

Hasta dónde se remonta en el tiempo dependerá de su interés de

investigación y de sus condiciones institucionales. De todas formas, aunque la frontera entre la parte de la teoría contemporánea y la histórica es fluida, el peso de la histórica nunca puede ser superior a la teórica. De tal manera que cuando el alumno tiene un marco histórico o antecedentes históricos que son más extensos que el marco teórico, se da cuenta que ha salido del tema de investigación que está definido en el título. En este caso tendrá que reducir el marco histórico o modificar el tema/título de la investigación.

2.3.2 La construcción del marco teórico

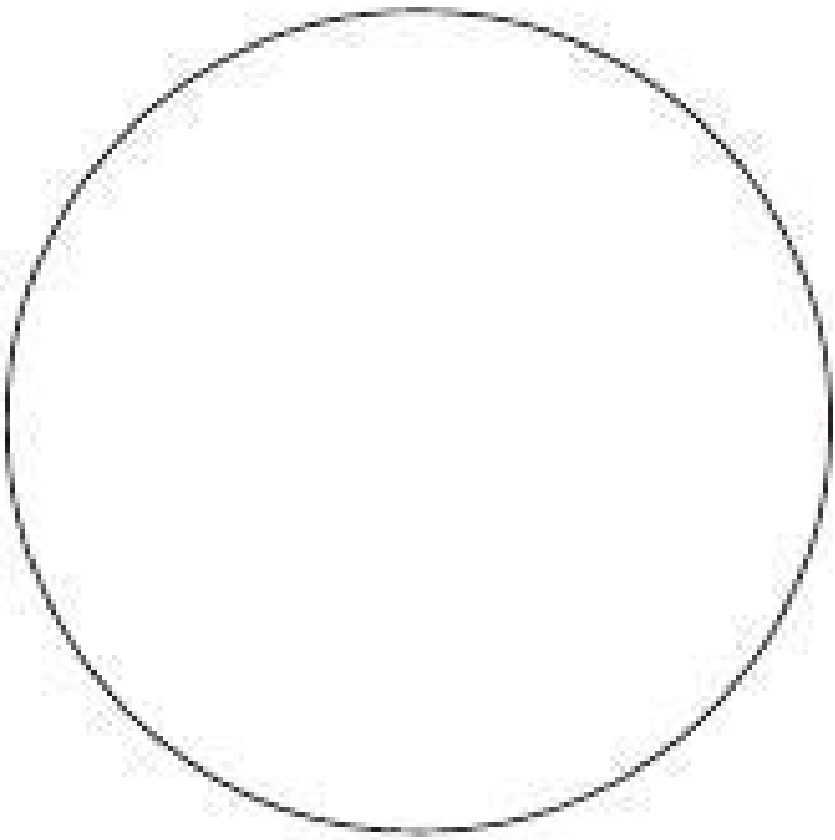
Para el conocimiento profundo que queremos adquirir mediante el marco teórico ya no son suficientes los datos y aclaraciones que hemos tomado de las enciclopedias generales durante la delimitación semántica (II., 1.3.4) del fenómeno de investigación. Ésta representó una aproximación importante y nos sirvió como punto de partida, pero hay que pasar ahora a la literatura especializada que contiene el saber imprescindible para profundizar nuestro conocimiento del fenómeno de investigación.

2.3.2.1 La selección de las teorías

La definición del marco teórico, mencionada al inicio de este capítulo, es correcta pero difícil de usar en la práctica para el principiante. ¿De dónde —se preguntará— voy a seleccionar las teorías que necesito? ¿Quién me indica cuáles me sirven y cuáles no? La respuesta es sencilla y sorprendente: el mismo fenómeno de investigación le dice al investigador cuáles son las teorías que ha de utilizar en el análisis.

Para entender con mayor facilidad la creación o el desarrollo del marco teórico, ilustraremos este proceso con algunas gráficas. Imagínese el lector que la gráfica 1 represente el universo o cosmos, es decir, la totalidad de fenómenos que existen actualmente en el mundo, tales como los astros, las montañas, los ríos, los animales, las plantas, los pueblos, los estados, los idiomas, las religiones, las ideas, las teorías científicas, los seres humanos y así ad infinitum.

Gráfica 1

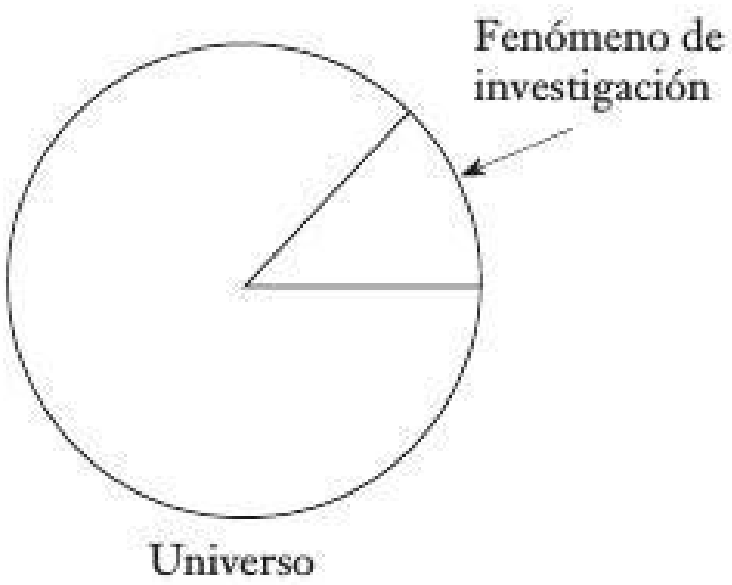


El universo = la totalidad de los fenómenos existentes.

El estudioso al formular su tema de investigación científica nombra y escoge automáticamente un fenómeno entre la infinidad de fenómenos del universo y lo hace resaltar. Es decir, al seleccionar su tema de investigación elige una parcela o un aspecto de la realidad mundial y lo enfatiza por encima de todos los demás fenómenos. Al enunciar el investigador, por ejemplo, el tema: La acústica en las

aulas de la UAM-X, excluye o niega por el acto mismo (ipso facto) todos los demás fenómenos del cosmos como objetos de su atención investigativa. Dice implícitamente que no le interesa, por ejemplo, el eclipse del sol, la visita del Papa, la inflación en Estados Unidos, la cantidad de estudiantes en la UAM-X, la oxigenación de las aulas de la UAM-X, su estética, el rendimiento de sus alumnos, la relación amorosa con su pareja, la contaminación del aire, la rotación de la tierra, la belleza de la Capilla Sixtina, la miseria de la población indígena, etcétera. La afirmación del fenómeno (tema/título) de investigación implica, de manera automática e inevitable, la negación epistémica (de interés de conocimiento) de los demás fenómenos del universo. Esa afirmación destaca entre la infinidad de fenómenos del universo y, por ende, lo "expulsa" de su anonimato, descuidando o negando a todos los demás.

Gráfica 2



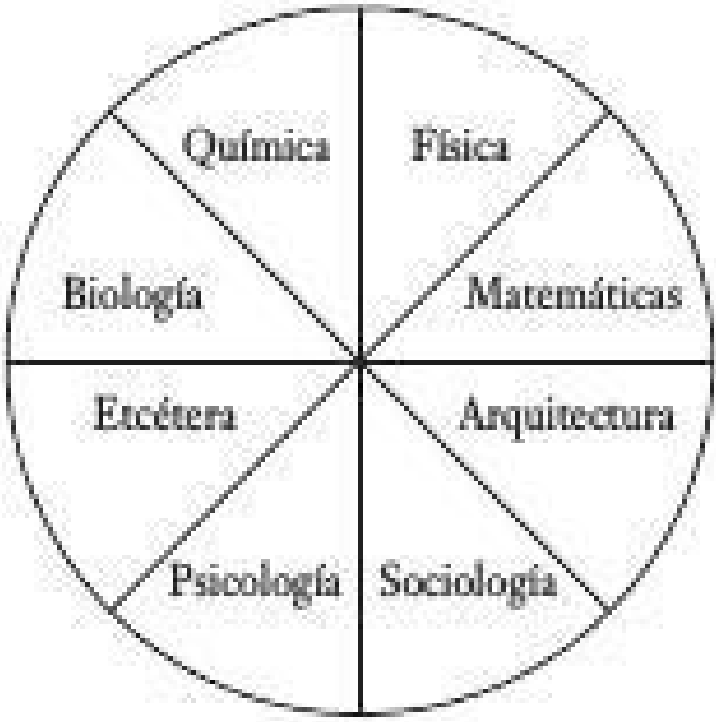
La enunciación del tema de investigación resalta ipso facto el

fenómeno de investigación que es un fenómeno o una parcela del universo. Por ejemplo, la contaminación del aire en la ciudad de México, 2000.

Gráfica 3

Hemos afirmado, y es evidente por demás, que las ciencias son parte del universo. Definimos ahora el conjunto de todas las teorías, métodos, conceptos y conocimientos científicos desarrollados a lo largo de la historia hasta la actualidad, como el universo científico o universo teórico y lo presentamos —con fines didácticos— en forma gráfica fuera del universo real al que pertenece.

Gráfica 4



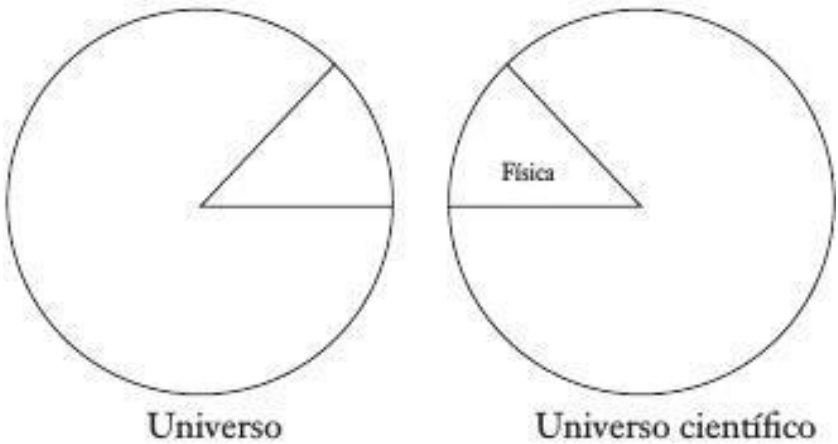
Universo científico

El universo científico = todas las teorías, métodos, conceptos y conocimientos científicos existentes.

Ahora podemos relacionar las diversas gráficas y entender que a todo fenómeno de investigación, es decir, a cada parcela o aspecto de la realidad corresponde una o varias disciplinas científicas, que contienen el conocimiento específico para explicarlo. En otras palabras, al enunciar el sujeto cognoscente el tema de investigación determina y destaca automáticamente no sólo un sector del universo (el fenómeno de investigación), sino al mismo tiempo el sector del universo científico —teorías, métodos, conceptos y conocimientos objetivos— que es necesario para explicarlo.

Por ejemplo, en el tema/fenómeno de investigación La acústica en las aulas de la... UAM-X, la acústica es un fenómeno físico, hecho por el cual determina automáticamente el sector físico en el universo científico.

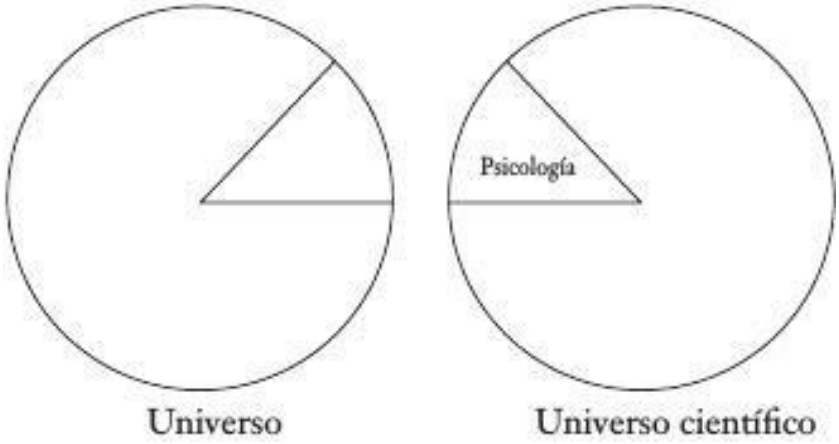
Gráfica 5



Correspondencia entre fenómeno de investigación y marco teórico: el fenómeno de investigación determina el marco teórico.

Sin embargo, para poder medir la inteligibilidad de la palabra hablada en el aula, los conocimientos y mediciones de la física no son suficientes. Ciertos tests de inteligibilidad de la comunicación verbal han sido desarrollados por psicólogos, hecho por el cual entra también la psicología en el marco teórico como teoría de explicación.

Gráfica 5



El fenómeno de investigación determina el marco teórico.

En todos los temas el número de teorías que se requieren para la investigación depende de la multiplicidad de intereses de conocimiento —que se expresan en enunciados de propósito—, como veremos en los siguientes ejemplos.

Si en el tema La contaminación del aire en la ciudad de México en 2000 sólo me interesa la presencia, cantidad y composición de agentes patógenos inorgánicos —como el plomo, el ozono, el nitrógeno, el polvo, etcétera—, entonces las teorías a emplearse son la física, la química y la meteorología. Si además me interesa la presencia de microorganismos patógenos como protozoes, bacterias, fungi, virus, etcétera, requeriré también de la biología y, probablemente, de la ecología y medicina humana. Si quiero analizar la inefectividad de las medidas anticontaminantes tomadas hasta ahora debo emplear las ciencias políticas y la sociología de la organización (burocracia).

Lo mismo es válido para el tema de las Opiniones de la juventud capitalina sobre la sexualidad. Para entender el fenómeno a fondo el estudiante debe revisar las obras pertinentes de psicología, de sociología y de la historia mexicana. Como la recabación de los datos y la contrastación de las hipótesis se realizarán mediante una encuesta de opinión, en el marco teórico también entran la estadística y la sociología empírica, que se ocupa del diseño y de la

ejecución de encuestas.

Finalmente, el análisis del tema El aborto en el hospital X de la ciudad de México en 2000 requiere mínimamente de la teoría médica en general y ginecología y obstetricia en particular. Si interesa el aspecto legal, la legislación y jurisprudencia mexicana. Si se agrega el aspecto moral es preciso estudiar la doctrina antiaborto de la Iglesia católica y éticas seculares. Si se vincula con el aspecto económico se analizaría la correlación entre tasas de aborto y estratos sociales. Si el trabajo abarca la recabación de opiniones participarán nuevamente la estadística y la sociología empírica (encuesta, opinión, etcétera) en el marco teórico.

La selección de la disciplina (ciencia) o de las disciplinas requeridas para la comprensión sistemática del fenómeno de investigación escogido es por lo regular más fácil en las ciencias naturales que en las ciencias sociales. Por las razones expuestas, existe en las primeras generalmente una sola teoría para la explicación de un fenómeno. Hay algunas excepciones como la teoría corpuscular de la luz avanzada por Newton y después por Einstein, a diferencia, por ejemplo, de la teoría de la luz desarrollada por Huyghens, Fresnel y Young quienes sostenían que la luz consistía de ondas transversales. Sin embargo, tales casos no dejan de ser excepciones en las ciencias de la naturaleza.

En cambio, en las ciencias sociales compiten con frecuencia diversas corrientes teóricas en la explicación de un fenómeno, sin que se haya establecido todavía cuál es la más adecuada. Por ejemplo, para explicar el fenómeno de la agresión humana existen tres enfoques teóricos diferentes: el primero sostiene que la agresión humana es determinada genéticamente; el segundo argumenta que se trata de un comportamiento adquirido socialmente (aprendido), y el tercero combina las dos anteriores. Si el estudioso decide utilizar el segundo enfoque ha de escoger entre una de las siguientes corrientes de la psicología: el psicoanálisis tradicional, el psicoanálisis moderno, el conductismo (behaviourismo) en sus diferentes versiones, la teoría de la Gestalt, la psicología analítica de Alfred Jung, el funcionalismo psicológico, etcétera.

También se da el caso que diferentes teorías de las ciencias sociales y naturales están a disponibilidad del investigador. En cuanto a las

causas de la esquizofrenia el investigador podría escoger entre algunas de las siguientes: a) que la esquizofrenia es causada por un desorden genético; b) que se trata de un problema de la arquitectura neuronal, generado durante el segundo trimestre del desarrollo fetal por la errónea migración de determinadas células neuronales; c) que es el resultado de una estructura comunicativa paradójica dentro de la familia; d) que se trata de una patología generada por experiencias traumáticas que en los sistemas psíquicos subconscientes del infante dejan trastornos que se manifiestan en la adolescencia, y e) que la enfermedad es el resultado de desequilibrios bioquímicos en el sistema cerebral.

Seleccionar entre estos enfoques es una tarea que evidentemente trasciende las capacidades del estudiante que se inicia como investigador. Tiene que acudir, por ende, al maestro para que él le oriente y ayude en tal decisión.

Cerramos este apartado con una breve nota sobre la teoría científica. Cualquier observador atento a los procesos de la naturaleza y de la sociedad se ha dado cuenta que tales procesos se realizan con determinada regularidad o, como también se dice, con determinada legalidad. La segunda expresión se refiere a que la recurrencia y regularidad de estos procesos naturales y sociales indican que su comportamiento está regido por leyes o reglas. Si logramos entender estas reglas o leyes que determinan el comportamiento de la naturaleza, de la sociedad y del ser humano, entonces podemos sacar provecho de ellas o impedir que nos hagan daño. Esta es, como explicamos en la primera parte del libro, la tarea de la ciencia. Al observar, registrar y medir las regularidades de comportamiento de un fenómeno natural la ciencia trata de entender las leyes que están “detrás” del comportamiento visible (empírico), para expresarlas en enunciados conceptuales y matemáticos que permitan prever y posiblemente controlar el comportamiento del fenómeno.

Una ilustración célebre de la capacidad de predecir mediante el conocimiento científico las relaciones de dependencia estadística o de causa-efecto que rigen el comportamiento de un fenómeno es el descubrimiento del planeta Neptuno, realizado simultáneamente por Urbain-Jean Leverrier y John Couch Adams entre los años de

1845 y 1846. Lo asombroso del descubrimiento es que la existencia del planeta no fue revelada de la observación directa por medio del telescopio, sino mediante una serie de complejos cálculos astrofísicos. Estos cálculos estuvieron motivados por ciertas perturbaciones en la órbita del planeta Urano que no podían ser atribuidas ni a Júpiter ni a Saturno, hecho por el cual tenían que ser provocadas por un planeta desconocido y nunca visto. Los astrónomos calcularon las dimensiones y la posición probable de ese planeta desconocido con tal exactitud que poco tiempo después, cuando "apareció" Neptuno, pudo ser constatada su existencia mediante la observación directa por telescopio.

Una teoría científica es, por lo tanto, un conjunto de enunciados, reglas, conceptos, símbolos y conocimientos que permiten describir, explicar y predecir objetivamente la estructura (la constitución) y el comportamiento (movimiento, evolución) de un fenómeno o sector del universo, sea de la sociedad o de la naturaleza.

2.3.2.2 Conceptos y conocimientos científicos

Cada ciencia particular se ocupa de analizar un sólo campo de la realidad. La psicología, por ejemplo, los procesos psíquicos o mentales; la química la transformación de materias iniciales en productos finales diferentes que tengan una composición distinta o están en un estado o condiciones químicas distintas; la economía la transformación de la naturaleza en productos y servicios para el consumo humano mediante procesos de producción, acumulación, distribución y consunción en macro y microniveles; la biología a sistemas de vida (con metabolismo); la medicina humana a la salud del ser humano, etcétera. En otras palabras, cada disciplina se especializa en el análisis de un sólo sector del universo con la finalidad de entender a fondo los elementos y las relaciones que lo constituyen y que determinan su comportamiento y desarrollo.

El método científico para tal fin utiliza múltiples técnicas particulares y una terminología o lexicón especial. Por lo tanto, aprender una ciencia significa no sólo aprender el uso del método científico y de sus técnicas particulares, sino también el lenguaje o discurso específico de conceptos y conocimientos que emplea. En la

visita al médico nos encontramos con lenguajes específicos creados especialmente sobre el latín, como cuando nos tienen que aplicar una endodoncia u operar del apéndice vermicular. En las ciencias de la computación los conceptos se derivan comúnmente del inglés, como el disk operating system (DOS), la capacidad de memoria RAM (random access memory), la rapidez de procesamiento de los datos que se expresa en megaherz, etcétera. Y por el aprendizaje de las matemáticas sabemos que determinadas operaciones pertenecen a la trigonometría, otras al álgebra, al cálculo probabilístico, a la geometría, que ciertas funciones se llaman integrales y otras diferenciales y que en una función con dos variables una se denomina variable independiente y la otra dependiente.

Estos breves ejemplos nos muestran una propiedad (característica) fundamental de todas las ciencias: el uso de conceptos, conocimientos y definiciones propias que son diferentes al lenguaje común que el ciudadano habla cada día. Los lenguajes científicos y, en particular, los de las ciencias de la naturaleza son en gran medida lenguajes artificiales, con términos, reglas y definiciones hechas específicamente para excluir ambigüedades semánticas y contradicciones sintácticas o lógicas. Esos conceptos de los lenguajes artificiales son, en general, neologismos, es decir, palabras creadas deliberadamente (desde el griego, latín e inglés) para representar ciertos significados específicos.

El método más común para formar estos conceptos o para caracterizar un término científico es una definición, compuesta por tres elementos: 1) el centro de la definición está constituido por el enunciado: tiene el mismo significado (intención) que; 2) al lado izquierdo se escribe el definiendum o sea el concepto que ha de definirse, y 3) al lado derecho el definiens, es decir, el concepto que define.

Si la tarea consiste en definir una circunferencia se puede explicar como un conjunto de puntos del plano que equidistan de un punto dado; si se trata del concepto “una hora”, la solución sería: “una hora” tiene el mismo significado que “60 minutos”. Un esquema gráfico ayudará a entender este procedimiento con mayor facilidad:

Una hora	tiene el mismo significado que	60 minutos.
definiendum	intención	definiens

Los conceptos son los vehículos del conocimiento en la ciencia porque antes de realizar un experimento, una muestra, una observación sistemática o una contrastación documental en la práctica, el investigador tiene la operación concebida en sus rasgos o intenciones principales, en su mente; construye la hipótesis, diseña la forma de contrastación, trata de adelantarse a determinados obstáculos. En suma, recorre el camino de la investigación primero en su mente para después recorrerlo y ponerlo a prueba en la práctica. En otras palabras, tiene en su mente un modelo de lo que va a hacer, Y los vehículos que le permiten realizar esa maravillosa operación de modelar la futura realidad son los conceptos. Los conceptos nos permiten construir escenarios de realidad virtual.

¿Cómo se explica esta capacidad de los conceptos de realizar con símbolos y términos (números, palabras, signos, etcétera) una operación que de otra forma tendría que hacerse tediosamente en la realidad? La explicación de este fenómeno está en que los conceptos o reflejan fenómenos de la realidad o pueden representarlos. Los conceptos que tienen un referente o correlato empírico, es decir, que representan a un fenómeno real se llaman conceptos empíricos. A esos pertenecen, por ejemplo, categorías como: mesa, ser humano, automóvil, matrimonio, estado, árbol, estrella, etcétera.

En cambio, los conceptos que no representan un ente real, empírico, fuera de sí mismo y que por ende no tienen un significado propio se llaman semánticamente vacíos. Como no reflejan un fenómeno real, externo, pueden adquirir cualquier significado, que el investigador les quiera dar. Son, si quisiéramos usar una metáfora, vasos vacíos que se pueden llenar con cualquier contenido real. Por ejemplo, “X” es un término semánticamente vacío, porque no tiene referente empírico, es decir, no representa a ningún fenómeno del universo social o natural. Pero, precisamente por ello, le puedo dar el significado (la intención) que quiero. “X” puede significar una casa, un estado, veinte hombres, diez mil dólares, el sol, la inflación, la energía, el amor entre una pareja, en fin, cualquier fenómeno que le quiera asignar. Asimismo, un cuantificador como “diez” puede significar o representar a cualquier calidad: diez mujeres, diez leyes,

diez leguas, diez días de sol, etcétera.

La capacidad de representar realidades objetivas cualitativa y cuantitativamente mediante símbolos y manejarlas por medio de símbolos (simbólicamente), le da su extraordinaria importancia a los conceptos. Si una familia tiene, por ejemplo, un campo de cultivo de 40 por 100 metros y quiere dejarlo en herencia a dos hijos, puede trazar simplemente un esbozo en papel con las proporciones 4 por 10 y trazar una diagonal, para repartir el terreno en partes iguales. O al tener un ahorro de 20 millones de pesos en el banco y querer gastar la décima parte no necesita ir al banco, hacer diez paquetes iguales con dos millones cada uno, para después tomar uno de ellos y gastarlo. Puede realizar esta operación simbólicamente, es decir, mediante los símbolos de la matemática con mucha más rapidez y absoluta precisión, sin tocar en nada al objeto real.

Asimismo, un médico que diagnostica en un paciente el fenómeno conceptualizado como una infección de las anginas, le puede contraponer los conceptos “5 millones de unidades de penicilina” y “vitamina C” —igual a determinados compuestos químicos—, y pronosticar, mediante este análisis conceptual, que la enfermedad desaparecerá dentro de un determinado periodo. Si el paciente es alérgico a la penicilina el médico pensará en alternativas terapéuticas, de nuevo sin afectar en esa operación simbólica de curación al “fenómeno real”, al paciente.

Es importante entender la relación entre el título o tema de la investigación y los conceptos. La función del título/tema consiste en permitir al investigador el control constante acerca de si su quehacer se encuentra todavía dentro del fenómeno de investigación definido o si se ha perdido en algún aspecto secundario. Lo que puede suceder relativamente fácil cuando la investigación es extensa o el investigador no dispone de mucha experiencia práctica. Se puede comparar esa función del título/tema con la de un GPS o con las señales de las carreteras. Por ejemplo, si quiero viajar de la ciudad de México a Veracruz en coche realizo bien este cometido guiándome por las señales correspondientes en la carretera. Al dejar de ver esas señales sé que he perdido el camino que me iba a llevar al fin de mi exploración de lo

desconocido.

Si el tema nos sirve como guía o instructivo general, los conceptos son los vehículos para desplazarnos hacia el punto final de la investigación, desconocido al inicio, terra incognita. Y en la investigación, como en la locomoción física, el tipo y la calidad del vehículo escogido determina hasta donde llega la persona que los usa. Cuando se escogen mal los conceptos en una investigación no llevarán al sujeto a conocer lo que le interesa. En la analogía del viaje: si el punto final de mi viaje desde México es Londres, no puedo desplazarme en un coche porque el mar me impide llegar. El medio adecuado sería, obviamente, el avión. De ahí, la gran necesidad de escoger en la delimitación semántica y en el marco teórico los conceptos más adecuados a nuestra tarea de conocimiento. Es decir, de viajar a una tierra desconocida, de la cual tenemos alguna noción y cuyo camino no ignoramos del todo —que conocemos tentativamente—, pero que requiere de vehículos categoriales adecuados, para terminar exitosamente el viaje científico.

2.3.2.3 La selección de los métodos

Con la selección de las disciplinas científicas que se necesitan para la descripción (registro), explicación y predicción de las propiedades y del comportamiento del fenómeno bajo estudio, el investigador ha seleccionado implícitamente también los métodos, conceptos y conocimientos que se utilizarán durante el trabajo, dado que forman parte integral de una teoría. No obstante, conviene explayarse sobre esta temática.

Lo que diferencia una investigación científica de cualquier otro tipo de interpretación del mundo —por ejemplo, una interpretación religiosa, mágica, artística, filosófica o de sentido común— es el uso adecuado del método científico. Recordemos que un análisis de la realidad es científico u objetivo cuando se realiza mediante el uso adecuado de los cinco pasos del método que constituyen el protocolo científico. Tal afirmación es válida tanto para las ciencias sociales como para las ciencias de la naturaleza.

Dicho de otra manera: el uso del método científico como estrategia de conocimiento objetivo —en los cinco pasos definidos— no varía con el tipo de fenómeno de investigación empírica, es decir, no depende del sector de la realidad que se somete al análisis. Por ejemplo: la indagación científica de un fenómeno astronómico, como el Big Bang, explosión en que se manifestó el universo hace 13.6 mil millones de años; un fenómeno biológico, como el virus de inmunodeficiencia humana adquirida (VIH); un fenómeno social, como las opiniones de la población capitalina sobre el matrimonio; un fenómeno geofísico, como el sismo de 1985; un evento histórico, como la venta de territorio mexicano a Estados Unidos por parte del presidente Santa Anna; un hallazgo arqueológico, como los manuscritos del Mar Muerto (Dead Sea Scrolls); el descubrimiento paleontológico del ancestro común de monos y seres humanos (Darwinius marsillae), bautizado "Ida", que tiene 47 millones de años de edad; la creación bioquímica de los elementos básicos de la vida (aminoácidos) en el laboratorio, mediante la combinación de los gases amoniaco, metano e hidrógeno con agua y la aplicación de descargas eléctricas (Stanley Miller, 1953). Todos estos fenómenos de la realidad, tan distintos entre sí, no sólo son accesibles al análisis científico, sino tienen que ser analizados con este método, si se quiere obtener un conocimiento objetivo de ellos.

Queremos advertir al lector que hay una amplia discusión en la literatura científica y epistemológica acerca de cuándo una investigación merezca el atributo de ser científica (su cientificidad). El famoso epistemólogo argentino Mario Bunge sostiene que el conocimiento producido por una "ciencia fáctica particular" (una ciencia de la realidad) sólo puede ser definido como científico cuando cumple con un conjunto de doce condiciones,[1] mientras que Humberto Eco establece cuatro requisitos para que una investigación sea científica: 1) el verse sobre "un objeto reconocible y definido de tal modo que también sea reconocible para los demás"; 2) la investigación tiene que decir cosas nuevas sobre este objeto; 3) tiene que ser útil a los demás, y 4) debe suministrar elementos para la verificación y la refutación de las hipótesis que presenta.[2]

La definición de Mario Bunge es demasiado especializada para los fines de socialización científica básica que se pretende con esta

obra; de los cuatro requisitos de Humberto Eco están incluidos en nuestro enfoque el primero y el cuarto. En cuanto al segundo pensamos que es correcto para la investigación avanzada pero no para la elemental de aprendizaje, y el tercero es más bien un desiderátum (algo deseable) social que un criterio de cientificidad. Reconociendo que existe una discusión sobre este tópico sostenemos que un estudio puede ser considerado científico cuando aplica metodológica y éticamente en forma adecuada el protocolo científico.

Cuando sí se diferencia el quehacer práctico de un investigador a otro, es decir, donde se nota la influencia del fenómeno de investigación es en las técnicas que se usan para describir, explicar y predecirlo. Sin embargo, pese a la enorme variedad de las técnicas de trabajo que han sido desarrolladas en las diferentes disciplinas científicas a lo largo de la historia, todas ellas pueden subsumirse bajo cuatro métodos o procedimientos (particulares), que son las únicas disponibles para construir y contrastar (verificar) una hipótesis y, por lo tanto, para saber si ésta es verídica o no.

Estos cuatro métodos de recolección de datos y de contrastación de las hipótesis son: 1) la observación sistemática; 2) el experimento sistemático; 3) la encuesta o muestra representativa y el censo; 4) la documentación sistemática. Cualquiera de las múltiples técnicas de medición y contrastación empleadas en las ciencias actuales —microscopios, telescopios, reactivos químicos, documentos, correlaciones estadísticas, interpretación de contenido de un texto, sismógrafos, etcétera— es parte de uno o varios de estos cuatro procedimientos.

Hoy en día, la comprobación de una hipótesis por medio de modelos de computación está muy avanzada. Simulaciones de interacción entre diferentes variables del fenómeno de investigación permiten predecir su comportamiento bajo la influencia de diferentes valores de sus variables. Por ejemplo, determinar la fuerza de ascensión que ejerce el aire sobre el ala de un avión a diferentes velocidades o con diversos perfiles del ala puede simularse en computadoras muy avanzadas y obtener resultados en segundos, que con la medición en túneles de viento se producirían en semanas de experimentación.

La precisión de tales contrastaciones de hipótesis mediante modelos matemáticos computarizados aumentará, sin lugar a dudas, con el progresivo desarrollo de las computadoras y su software (programas) correspondiente. Sin embargo, la última prueba de la veracidad de una hipótesis (un enunciado) consistirá siempre en su contrastación con el fenómeno real a que se refiere, porque es este tipo de contrastación empírica (datos-comparación-conclusión, véase II., 5.2) la que produce el conocimiento objetivo sobre la realidad, que sólo la ciencia nos puede proporcionar. Para el ejemplo del avión esto significa que la comprobación definitiva de la hipótesis sólo se puede obtener mediante la medición de los datos correspondientes en el túnel de viento y en los vuelos de prueba del avión.

Como en el capítulo 4 discutiremos los cuatro métodos de contrastación, ahora pasamos a aclarar brevemente la relación entre el marco teórico y el marco histórico.

2.4 MARCO TEÓRICO, MARCO HISTÓRICO Y DESCRIPCIÓN DEL FENÓMENO

Con frecuencia, una confusión que se presenta es la relación entre el marco teórico y el marco histórico. Como explicamos antes, para el uso del método científico no importa qué sector de la realidad o qué tipo de fenómeno de investigación estamos indagando. Lo mismo es válido en cuanto a la etapa de desarrollo (el tiempo) del fenómeno a que se refiere nuestro análisis. Si lo investigamos en una fase de su pasado (histórico), de su presente (su actualidad o status quo) o incluso si pronosticamos su evolución en el futuro no afecta a la lógica de los cinco pasos del método general, aunque sí puede influir en las posibilidades de formular y contrastar una hipótesis, y en las técnicas o procedimientos particulares que se usen. Por ejemplo, para conocer la opinión actual de la población veracruzana sobre la agresión armada estadounidense a Veracruz en 1916, tiene que realizarse una encuesta de opinión representativa en la ciudad. En cambio, si se quiere conocer la opinión de los veracruzanos durante la intervención militar tendrían que analizarse sistemáticamente los periódicos, pasquines y demás manifestaciones de la opinión pública del puerto durante la agresión, a fin de poder inferir —no con mucha precisión, por cierto— sobre la opinión general de la población durante la agresión militar.

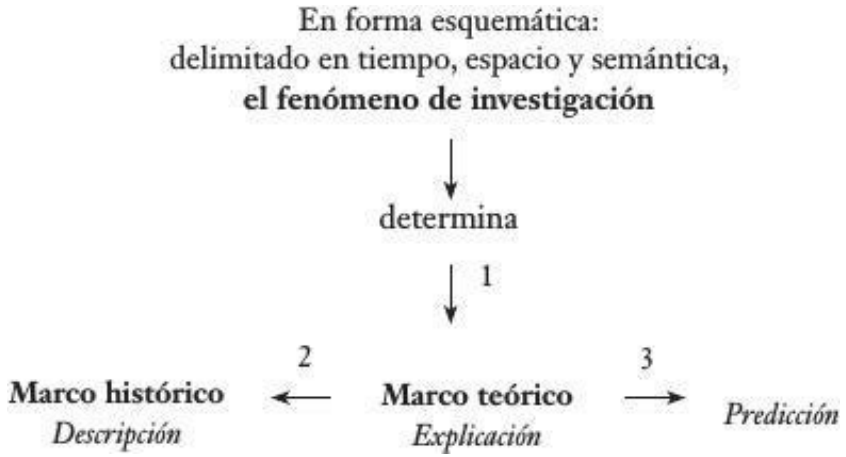
Ahora bien, para diferenciar el marco histórico del teórico es necesario construir primero el marco teórico, debido a que el marco histórico o los antecedentes históricos dependen del teórico. El procedimiento se realiza como se explica a continuación.

Al seleccionar el estudiante su tema/fenómeno de investigación delimita la fase o el tiempo del fenómeno que le interesa (véase II., 1.3.3), p. ej., La inflación en México en 1996. En la construcción de su marco teórico tendrá que escoger entre los diversos enfoques teóricos existentes que atribuirían el fenómeno de la inflación a un exceso de la oferta monetaria, una deficiencia estructural del aparato productivo, las estructuras monopólicas del mercado, etcétera.

Entre estas teorías se escoge la o las que a juicio del investigador tenga(n) mayor fuerza explicativa y con ella(s) se construye el marco teórico. Como el tiempo del fenómeno que nos interesa es 1996 —así están definidos en el planteamiento del problema— todos los acontecimientos del fenómeno anterior a 1996 pertenecen al marco histórico. Los conocimientos del marco histórico o los antecedentes históricos se definen por dos elementos: a) no son parte del marco teórico y b) se refieren a tiempos del fenómeno de investigación que son anteriores a los tiempos definidos en el tema/título de investigación. La extensión del marco histórico, o sea el tiempo de retrospectiva a partir de las fechas delimitadas del objeto de investigación, depende de los intereses y recursos de conocimiento del investigador. En el tema de la inflación el marco histórico podría retroceder hasta abarcar el año de la crisis de 1995, es decir, desde el sexenio del presidente Salinas (1988-1994), el inicio del neoliberalismo en México con el presidente Miguel de la Madrid (1982) o hasta la fecha del pasado que le parezca conveniente al estudioso.

Tendríamos entonces tres fases de tiempo del fenómeno de investigación: 1) el tiempo definido por el tema de investigación, que es nuestro principal tiempo de interés; 2) partiendo de esta fecha hacia atrás los antecedentes históricos del objeto, es decir, los conocimientos existentes sobre su pasado, anterior a nuestra fecha escogida; 3) el futuro del fenómeno.

El nivel teórico (status) del trabajo científico varía en estas fases. En el tiempo del fenómeno definido por el tema/título de la investigación se trata, generalmente, de describir y explicar al fenómeno; en cuanto a los antecedentes históricos el investigador se limita a describir o relatarlos; en lo referente al futuro del fenómeno el investigador predice su probable comportamiento o desarrollo. Debido a que la estructura lógica de la predicción es en esencia la misma que la de la explicación, la diferencia fundamental de las tres fases se reduce a que el marco histórico o los antecedentes históricos tienen una función y un status descriptivo, mientras las otras dos son explicativas.



Al construirse el marco teórico y después el marco histórico es necesario, frecuentemente, introducir un tercer elemento: la descripción científica del fenómeno. En muchas investigaciones la descripción científica del fenómeno es imprescindible, tal como vimos en el modelo del diagnóstico médico. Por ejemplo, si un arquitecto quiere construir una casa tendrá que ir al lugar de la futura construcción para hacer un análisis del subsuelo, darse una idea del entorno natural y urbano para fines de estética, protección al ruido, aprovechamiento de luz y vientos, etcétera. Asimismo, cuando se pretende realizar un experimento con un animal, digamos un conejo, es absolutamente necesaria una descripción exacta de sus características que influirán en el desarrollo del experimento (edad, peso, sexo, línea genealógica, etcétera). Otro ejemplo sería el análisis de la acústica en las aulas de la universidad que exigiría un minucioso registro del tamaño del inmueble, su forma, sus materiales de construcción y otras variables de importancia.

Por último, si se quiere aplicar una muestra estadística representativa a una población (un universo) de la cual no se conoce la media aritmética y la varianza de la característica socioeconómica escogida para determinar el tamaño necesario de la muestra (véase II., 4.4.4), se tendrá que aplicar un estudio piloto que representaría algo así como una descripción preliminar y aproximativa del estado del fenómeno. De esta manera, la descripción científica del fenómeno de investigación aporta el

conocimiento empírico sobre el fenómeno de investigación, que junto con el conocimiento teórico y el histórico provee una base sólida para avanzar hacia la formulación de las hipótesis.

Como hemos mencionado, la importancia y la extensión que el investigador concede al marco histórico y a la descripción científica del fenómeno dentro de su estudio depende del tipo de estudio que realiza y de sus intereses de conocimiento. En el diagnóstico de algunos problemas de salud la anamnesis (historia clínica) —es decir, el marco histórico de la enfermedad que el médico trata de analizar— no juega mayor papel. En otras enfermedades donde se supone puede haber una incidencia de factores genéticos o patrones sociales los antecedentes patológicos no sólo del paciente, sino de la familia entera pueden ser de ayuda para arrojar luz sobre la patología del paciente. Sin embargo, los dos tipos de conocimiento que son imprescindibles y primordiales en las investigaciones empíricas serán, por lo general, el conocimiento teórico contemporáneo y el empírico.

Cabe recordarle al estudioso que durante toda la investigación debe tener una mente abierta y la disposición de modificar conceptos, hipótesis, etcétera. En general, los fenómenos de investigación son tan complejos que cuando se inicia una fase de trabajo sobre ellos, por ejemplo, el planteamiento del problema o el marco teórico o la formulación de la hipótesis, no se pueden prever todas las complicaciones y cambios que se tienen que enfrentar en cada una de estas fases. Es probable que cuando se analice a fondo el fenómeno en su dimensión histórica aparezcan nuevas y desconocidas facetas, que obliguen a ampliar el marco teórico con los nuevos conceptos que se requerirán para investigar tales facetas.

En rigor, la delimitación del fenómeno de investigación, la elaboración del marco teórico y la formulación de las hipótesis descansarán sólo sobre bases seguras cuando el investigador haya llegado al cuarto paso del protocolo científico, es decir, cuando haya planteado la contrastación de sus hipótesis. A partir de este momento su trabajo obtiene cierta definitividad.

Mario Bunge, Seudociencia e ideología, Alianza Universidad, Madrid, 1985, p. 28.

Umberto Eco, Cómo se hace una tesis, Gedisa, España, 1994, p. 48.

3. FORMULACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

-

3.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO

Def. 7. Una hipótesis empírica es una proposición científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico, hace una afirmación o negación sobre un fenómeno de la realidad. Esa afirmación o negación es verificable o falsificable mediante datos pertinentes obtenidos conforme a los estándares de medición científicos. A veces se le llama a esta hipótesis "hipótesis de trabajo".

Def. 8. Una hipótesis de constatación (de primer grado) es una proposición científica (un enunciado) que, con base en el conocimiento científico, establece (constata) la presencia o ausencia de un fenómeno o de una propiedad (característica) de un fenómeno. A este fenómeno o propiedad (característica) metodológicamente la llamamos la variable contrastable.

Ejemplos: "El 50 por ciento de los estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México son mujeres"; "Un dólar estadounidense es equivalente a 14 pesos mexicanos"; "La persona A tiene una infección de hepatitis".

▪

Def. 9. La hipótesis causal (segundo grado) es una conjetura científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico, explica una relación de dependencia causal entre dos o más variables del fenómeno de investigación.

De las dos variables de la hipótesis una se denomina variable independiente y la otra variable dependiente. La variable independiente es la que entendemos como la causa del fenómeno; la variable dependiente es el efecto (la consecuencia). Hay dos diferencias principales entre la causa y el efecto: 1) la causa antecede al efecto en el tiempo, y 2) produce, efectivamente, el efecto. Algunos ejemplos: “El calor dilata los cuerpos”; “La sequía en la primavera de 1996 en México produjo gran mortalidad entre

el ganado"; "La capacidad pedagógica del maestro incide positivamente sobre el aprendizaje del alumno".

Este tipo de hipótesis debe tener la forma lógica de: Si x..., entonces y...; es decir, ser una proposición condicional en la que la causa o variable independiente aparece después del "si" y el efecto o variable dependiente después del "entonces".

Para llegar a esta forma lógica se recomienda proceder en dos pasos. Primero se utiliza la forma de una proposición o enunciado afirmativo, p. ej.: "El calor dilata los cuerpos". En el segundo paso se convierte este enunciado en una proposición o enunciado condicional compuesto por dos proposiciones y la expresión: si - entonces. Como ejemplo: "Si se aplica calor a un cuerpo, entonces este cuerpo se dilata".

Def. 10. La hipótesis de relación estadística o asociación (tercer grado) es una conjetura científica (un enunciado) que, con base en el conocimiento científico, explica una relación de dependencia estadística (o correlación) entre dos o más variables del fenómeno de investigación. La diferencia fundamental con la hipótesis causal es que la variable independiente y la dependiente pueden invertir su lugar, lo que no es posible en la hipótesis causal. Ejemplo, "A mayor nivel educativo, mayor ingreso"; de forma inversa: "A mayor ingreso, mayor nivel educativo".

Def. 11. La hipótesis nula (null hypothesis) es un enunciado científico que niega la propiedad o existencia de un fenómeno o una relación de covarianza (causa-efecto; estadística) entre dos variables o, en general, una relación entre dos fenómenos medidos científicamente, que el investigador considera probable. Su rechazo a través de los datos obtenidos (experimentos, muestras, etcétera) refuerza la probabilidad de que la hipótesis original o de trabajo sea correcta. La hipótesis nula es la negación, con fines de prueba estadística, de la hipótesis. Por ende, no se puede formular antes de haber elaborado sólidamente la hipótesis. En muchas investigaciones no se precisa de esa hipótesis. Ejemplo de una hipótesis nula: "El calor no dilata a los cuerpos".

Def. 12. La hipótesis alternativa se formula cuando los datos de la comprobación de la hipótesis nula demuestran que ésta es falsa. Por lo general coincidirá con la hipótesis original o una modificación de la misma.

3.2 CARACTERÍSTICAS DE LA HIPÓTESIS

Cuando el investigador ha delimitado o determina sus intereses de conocimiento, por medio de los procedimientos del planteamiento del problema y del marco teórico/revisión de la literatura pertinente, tiene que dar paso a la formulación de las hipótesis. En ellas se retoman, en el fondo, los intereses y objetivos de conocimiento originales, tal como han sido formulados en los enunciados de propósito, pero con una gran diferencia. Las hipótesis no son enunciados que expresan un deseo de conocimiento como los enunciados de propósito, sino enunciados que afirman (constatan) la existencia de fenómenos, propiedades o relaciones de la realidad. La forma gramatical que debe tener cada hipótesis es la de afirmación o negación, cuya verdad (veracidad) puede ser comprobada contrastándola (comparándola) con el fenómeno de la realidad a que se refiere.

La palabra hipótesis es de origen griego, significa “poner abajo”, semejante a la acepción del término latín suppositio y del castellano suposición. Hoy día se entiende como una afirmación razonada y basada en conocimientos científicos, sobre la propiedad de algún fenómeno o sobre alguna relación funcional entre variables (factores, eventos).

Nuestro comportamiento práctico y los juicios que emitimos se basan, en gran medida, en suposiciones. Sin embargo, las suposiciones o conjeturas de la vida cotidiana muestran una serie de falacias que son incompatibles con la suposición científica y con el conocimiento objetivo; falacias, tales como generalizaciones indebidas (las mujeres manejan mal), utilización de términos semánticamente ambiguos (muy grande), contradicciones lógicas, y razonamientos que no son verificables en la realidad.

Se debe aclarar que cuando hablamos de la elaboración de hipótesis científicas nos referimos a las hipótesis en las ciencias empíricas o fácticas, cuyos fenómenos de investigación son del universo real, bien sea de la naturaleza o de la sociedad.

Aunque las hipótesis de las ciencias formales —como la matemática y la lógica— comparten algunos estándares con las de las ciencias empíricas, existen también algunas diferencias importantes como, por ejemplo, en lo referente al objeto de investigación y la prueba de verdad de la hipótesis. Mientras que la hipótesis de la ciencia empírica es una proposición aplicable a un determinado aspecto del universo natural o social, la hipótesis matemática o lógica es una proposición sobre las relaciones entre entidades abstractas o mentales (números o símbolos lógicos) o sus implicaciones.

Por lo tanto, la demostración de la falsedad o veracidad de ambos tipos de hipótesis es diferente. En la ciencia empírica la hipótesis se considera comprobada cuando los datos arrojados durante su contrastación confirman (con un determinado margen de error) la predicción original: en el caso de la hipótesis de primer grado la presencia o ausencia de un fenómeno o de una propiedad de este fenómeno; en el caso de las hipótesis funcionales un determinado tipo de relación entre las variables del fenómeno de investigación.

En las ciencias formales la prueba de las hipótesis no se puede realizar sometiéndola a la contrastación con la realidad mediante el experimento, la muestra, la observación o la documentación, por el simple hecho de que no se refieren al universo real. La prueba de verdad de una hipótesis formal se reduce, en consecuencia, a su consistencia frente al sistema abstracto (lógico o matemático) al que pertenece.

Es necesaria una segunda aclaración: en las composiciones condicionales o hipotéticas de la lógica —que tienen la forma de: si p, entonces q, y donde p y q son proposiciones cualesquiera— se llama a la primera componente (p) la hipótesis y a la segunda componente (q) la tesis. En nuestro libro, el término hipótesis se refiere a la composición condicional entera, es decir, si p, entonces q.

Volviendo a la discusión anterior, afirmamos que al formular la suposición o hipótesis de la ciencia empírica, ésta tiene que respetar ciertos estándares característicos, que se han establecido por la ciencia moderna, entre los cuales mencionamos algunos básicos.

1) La hipótesis no debe contener palabras ambiguas o no-definidas. Los

significados (contenidos) de todos los términos que la componen —sus intenciones y dominios de aplicabilidad (extensiones)— tienen que ser determinados de manera inequívoca. Por ejemplo, si se realiza una hipótesis sobre el aborto debe quedar claro si el concepto se refiere al aborto natural, al inducido o ambos. O cuando se usa el concepto valor debe definirse si es el valor de mercado, el valor de trabajo o el valor ético al que el concepto se refiere.

La definición del concepto debe ser de tal modo que su comprensión sea posible de forma intersubjetiva, es decir, que otros estudiosos lo entiendan de la misma manera en que fue definido por nosotros.

2) Cuando las hipótesis contienen términos generales o abstractos deben ser operacionalizables, o sea, posibles de concretizarse en parámetros empíricos. Esto quiere decir que tienen que desglosarse de tal forma que tengan referentes o correspondencias empíricas (hechos, objetos, fenómenos reales) que puedan ser sometidas a la contrastación empírica mediante uno de los cuatro métodos de contrastación. Por ejemplo, en la hipótesis: La crisis económica de 1995 ha aumentado el número de suicidios en el país N, no queda claro lo que significa crisis económica en la práctica. Se operacionaliza este concepto asignándole determinados parámetros empíricos (fenómenos reales) o, dicho de otra manera, "desglosándolo" en sus componentes reales, como por ejemplo: la tasa de desempleo, la tasa de inflación, la devaluación de la moneda, el déficit del presupuesto federal, etcétera.

En la hipótesis: Por el machismo del padre P su hija H no lo quiere, existe el mismo problema. El sentimiento que expresan los conceptos querer o amor no se puede medir directamente en la realidad, hecho por el cual hay que operacionalizar el concepto, dándole parámetros o indicadores empíricos que sí son mensurables en la relación entre ambas personas, tales como: cuando P se enferma, H no se preocupa por él; H no procura pasar el tiempo con P, cuando le es posible; H nunca expresa elogios para P.

3) Términos abstractos, que no tienen referente empírico, no pueden formar parte de la hipótesis porque la vuelven incontrastable. Por ejemplo, la conjetura: Dios me dio lo que tengo, es inaceptable científicamente, porque el término Dios no puede ser contrastado de manera empírica. Lo mismo vale para conjeturas como: Por mala suerte no me dieron el trabajo o Los animales no tienen alma, en este último

caso porque la extensión de alma es un conjunto vacío, no existe un fenómeno real en el cosmos que satisfaga esa noción religiosa.

4) La hipótesis no debe contener términos valorativos, ya que no son comprobables objetivamente. Por ejemplo, La catedral de Colonia es más bella que la pirámide de Gizeh es un enunciado que no se puede verificar de manera intersubjetiva, pues ambas obras cumplen con los cánones de la estética, resultando la valorización una decisión subjetiva.

5) Cuando sea posible debe formularse la hipótesis en términos cuantitativos, ya que su valor informativo es mayor que el de formulaciones cualitativas. Por ejemplo, en lugar de decir La clase media de Brasil no fue muy afectada por la devaluación del dólar habría que formular La clase media brasileña, que tiene un ingreso de 30 a 40 mil dólares anuales, sufrió una reducción de su poder adquisitivo en 8 por ciento por la devaluación del dólar en 5 por ciento.

6) La forma sintáctica de la hipótesis debe ser la de una proposición simple, en el caso de la hipótesis de constatación (primer grado), o compuesta, en las hipótesis funcionales de segundo y tercer grado. Tiene que estar formulada como una afirmación o negación. Ejemplos: La desnutrición debilita el sistema inmunológico (afirmación) o bien La desnutrición no debilita el sistema inmunológico (negación); La presencia de la proteína X no tiene relación con la enfermedad Y. En cuanto a la segunda forma, la negación, se habla también de una hipótesis cero, porque la hipótesis niega que exista una influencia de la variable independiente sobre la dependiente. Es decir, la hipótesis supone que los dos factores de la realidad de nuestro fenómeno de investigación, las variables, no están relacionadas entre sí. La comprobación de la veracidad o falsedad de nuestra hipótesis se lleva a cabo, en ambos casos, mediante el análisis estadístico de los datos que son producidos por los métodos de contrastación (muestra, documentación, experimento, observación). Es importante recalcar que la hipótesis no puede tener, en ningún caso, la forma de interrogante, prescripción o deseo. Por eso, el enunciado de propósito nunca puede sustituir a la hipótesis, sino sólo ser su precursor.

7) Es preferible que la hipótesis causal o estadística conste de sólo dos variables, pues de otra forma se dificulta interpretar y medir la relación entre éstas. Por ejemplo, la hipótesis La inflación produce desempleo, pobreza y criminalidad tiene una variable independiente (inflación) y

tres variables dependientes (desempleo, pobreza y criminalidad). Esas variables dependientes interactúan entre sí, pues el desempleo también genera pobreza y criminalidad. Por lo mismo es mejor realizar tres hipótesis y medir la relación entre variable independiente y dependiente por separado: H1: La inflación produce desempleo; H2: La inflación produce pobreza; H3: La inflación produce criminalidad.

Por la misma razón no debe formularse la hipótesis con dos variables independientes, p. ej.: La pobreza y la injusticia producen violencia, porque si se verifica la hipótesis no sabremos —salvo por un complejo análisis estadístico— cuál es la influencia de cada causa (pobreza o injusticia) en el efecto (violencia).

8) La hipótesis debe excluir tautologías. Por proposiciones tautológicas se entiende enunciados o argumentos circulares que no proporcionan información sobre la realidad, porque el sujeto es idéntico total o parcialmente al predicado. Es decir, una tautología no distorsiona la verdad de un enunciado, pero no aporta al investigador nueva información contrastable sobre la realidad, que es lo que interesa más en la ciencia.

Un enunciado tautológico de la matemática (enunciado formal o analítico) es, por ejemplo, 5 + 3 = 8, donde el definiendum (5 + 3) y el definiens (8) tienen el mismo significado. Lo mismo vale para los enunciados empíricos: La democracia es la dominación del pueblo o El efecto es la consecuencia de la causa, debido a que el término consecuencia implica ya una relación causal.

9) De igual modo, la hipótesis debe evitar el uso de disyunciones, porque reducen su valor informativo. Las disyunciones aparecen en proposiciones compuestas del tipo p o q, donde p y q son proposiciones cualesquiera.

La pérdida de valor informativo de la hipótesis por la disyunción se aprecia en el siguiente ejemplo: H1: Mañana de las 08:00 a las 12:00 horas habrá sol. El valor informativo de esta proposición es alto, porque permite vestirse correspondientemente, planear los trabajos que se realizan al aire libre, etcétera. En cambio, en la H2: Mañana de las 08:00 a las 12:00 horas habrá sol o lluvia, el valor informativo baja. Si se agrega otra disyunción, H3: Mañana de las 08:00 a las 12:00 horas habrá sol o lluvias o heladas, entonces la

hipótesis se vuelve aún más estéril, porque ya no aporta valor informativo práctico alguno.

Vemos que el valor informativo de la hipótesis aumenta cuando predice solamente un acontecimiento de todos los posibles del fenómeno de investigación; en este caso el fenómeno es “el clima que habrá mañana de las 08:00 a las 12:00 horas”; y el acontecimiento es que “habrá sol”. En la medida en que la hipótesis integra, como propiedad o consecuencia contrastable, más acontecimientos posibles del fenómeno, baja su valor informativo; en el caso extremo, cuando llega a incluir todos los eventos posibles, su valor informativo se reduce a cero.

Por dar otro ejemplo: los dos eventos posibles cuando se tira una moneda son que ésta caiga del lado A o B. Si formulo una proposición hipotética que incluya los dos eventos posibles: Si tiro una moneda, entonces caerá del lado A o B, el valor informativo es cero, porque no limita los acontecimientos posibles.

Entre el valor informativo y la probabilidad de que el evento (el efecto) previsto por la hipótesis se produzca hay una relación inversa. A mayor número de eventos posibles incluidos en la hipótesis, mayor probabilidad de que ésta sea correcta. En el ejemplo de la moneda el valor informativo es cero —porque no me dice nada nuevo—, pero la probabilidad de que sea correcta es de 100 por ciento. La hipótesis es cierta por incluir todos los acontecimientos posibles del evento, es decir, por su forma.

En cambio, si la hipótesis es Si tiro una moneda, entonces caerá del lado A, el valor informativo es alto —p. ej., puedo apostar sobre la hipótesis—, pero la probabilidad de que sea correcta es sólo del 50 por ciento. Si se repite este ejemplo con un dado la relación entre valor informativo y probabilidad de que la hipótesis sea verdadera se vuelve aún más clara. Al decir Si tiro un dado, entonces caerá sobre el 1, la hipótesis aporta mucha información. Cuando se formula como Si tiro un dado, entonces caerá sobre el 1 o el 2 o el 3 o el 4 o el 5 o el 6 su valor es prácticamente cero.

En rigor, hipótesis empíricas que incluyen todos los acontecimientos posibles del fenómeno observado o bajo experimento se vuelven imposibles de falsificar mediante la contrastación empírica, ya que

se han “inmunizado” frente a la realidad: suceda el acontecimiento que suceda del fenómeno observado la hipótesis siempre es correcta. Por tal motivo, este tipo de hipótesis no es científica; se vuelve circular (tautológica) y no aporta nuevos conocimientos. Es estéril. En metodología se les llama hipótesis inmunizadas y a los modelos que usan esos procedimientos, modelos platónicos.

10) Una hipótesis debe estar basada en el conocimiento científico ya comprobado, que se recaba en el marco teórico, y no contradecirlo. En las llamadas revoluciones epistemológicas de los grandes genios de la ciencia, una hipótesis nueva puede modificar los principios establecidos en todo un campo de la ciencia, pero esto obviamente es improbable en el caso de un principiante de la investigación. Para cualquier trabajo debe ser la norma que el marco teórico y sus hipótesis no estén en contradicción con las teorías científicas establecidas, sino que tomen a éstas como punto de partida.

Por ejemplo, una hipótesis que establece que La energía cósmica impide el envejecimiento de los seres vivos, y no puede demostrar que el término energía cósmica es usado como tal y definido claramente en la física establecida, no debería, en consecuencia, ser empleada por el principiante, porque lo más probable es que se trate de un concepto del pensamiento supersticioso o mágico. Sin embargo, si los alumnos creen que su conjetura causal es verdadera tendría sentido por parte del profesor permitir la investigación por razones pedagógicas, porque al desarrollarse el experimento de comprobación correspondiente el alumno se convencerá, paso a paso, de que se trata de un concepto no-científico y una relación causal ficticia, inexistente, inventada por charlatanes mercantiles que viven bien de la venta de esas “pirámides cósmicas” y la ignorancia de la gente.

O una hipótesis del tipo Al soltar un gis sostenido por la mano a una altura de 150 cm este gis ascenderá, es igualmente contradictoria con el conocimiento científico ya establecido, que nos enseña que la fuerza de atracción de la tierra es múltiples veces mayor que la del gis, hecho por el cual este descenderá hacia el centro de la tierra, a menos que el acto se realice en una nave espacial a cierta distancia de la tierra.

Por todo lo anterior, resulta obvio que una hipótesis debe basarse

en el conocimiento científico que existe sobre el fenómeno de investigación del estudioso y que éste ha integrado oportunamente en su marco teórico. Si el marco teórico está bien realizado la proposición hipotética no puede discordar con las leyes o conceptos científicos establecidos y no será especulativa o de sentido común.

11) La hipótesis debe ser, por lo tanto, doblemente pertinente: a) en su referencia al fenómeno real de investigación y b) en el apoyo teórico que la sostiene.

12) La hipótesis debe referirse de manera preferente a aspectos de la realidad que aún no han sido investigados, considerando que la finalidad básica del quehacer científico es la producción de nuevos conocimientos objetivos.

13) Por lo general, la validez o dominio de aplicabilidad de una hipótesis no es ilimitada, sino se reduce a ciertos tiempos y espacios físicos o históricos. Por ejemplo, la hipótesis que postula que "El linaje aristocrático determina tu status social", sería correcta en el feudalismo europeo de hace tres siglos, no en la Europa occidental de hoy en día. De ahí la importancia de definir el tiempo y el espacio en el cual pretendemos que sea válida nuestra hipótesis.

14) Finalmente, una característica de la hipótesis científica es su falibilidad. La ciencia avanza generalmente con aproximaciones sucesivas a la verdad. Esto implica que las hipótesis comprobadas pueden irse perfeccionando en el tiempo, es decir, que son perfectibles.

3.3 HIPÓTESIS DE CONSTATACIÓN

En la discusión de los enunciados de propósito nos habíamos dado cuenta que hay enunciados de diferente grado (primer, segundo, tercer grado), según el tipo de conocimiento que se pretende producir. Lo mismo sucede con las proposiciones o enunciados hipotéticos que muestran una multiplicidad de tipos diferentes. Sin embargo, para los fines de este libro limitamos la discusión del tema a las hipótesis de constatación, de relación causal y relación estadística e iniciaremos la discusión con la primera.

Aunque este tipo de hipótesis no pretende ni puede dar explicaciones —es decir, establecer una relación de causa-efecto o estadística (correlación) entre diferentes factores o variables de un fenómeno de investigación— no por eso representa indagaciones triviales (de escasa importancia) o fáciles de resolver.

Como explicamos en el punto anterior, la hipótesis —a diferencia del enunciado de propósito— no puede tener la forma sintáctica de un enunciado interrogativo o intencional, es decir, no puede ser pregunta, imperativo o expresión de un deseo, porque esos enunciados no son contrastables. De ahí que tenemos que darle a nuestras hipótesis de primer grado la forma gramatical de un enunciado o una proposición afirmativa o negativa que contenga la variable que se pretende contrastar. Recordemos que una proposición es una frase que afirma o niega algo y que en su forma clásica está compuesta por tres elementos: sujeto-verbo-complemento (en la gramática se denomina como predicado al verbo más el complemento). Ejemplos de proposiciones o enunciados de este tipo: “La sangre del paciente P contiene el virus V”; “La tierra gira en torno al sol’; “10 = 6 + 4”; “El ingreso promedio mensual de los estudiantes del grupo G es de 150 dólares”.

Al regresar a nuestros temas de investigación algunos enunciados de propósito (E.P.) podrían convertirse en hipótesis de constatación de la manera en que a continuación se indica.

El E.P.2 del tema sobre la contaminación dice: El propósito de esta investigación es saber en qué mes se dio la concentración más alta de plomo en el aire de la ciudad de México en el año 2000. La hipótesis correspondiente sería: La concentración más alta de plomo en el aire de la ciudad de México en el año 2000 se dio en el mes de diciembre.

¿Por qué se seleccionó el mes de diciembre? Porque el marco teórico, los antecedentes y la descripción científica del fenómeno han indicado que por los factores climatológicos de este mes la probabilidad de una muy alta concentración de contaminantes es mayor que en otros meses. En este enunciado afirmativo la contaminación aérea del Distrito Federal en 2000 causada por el plomo es el fenómeno en cuestión. La propiedad que se quiere establecer, es decir, la variable contrastable es: mayor concentración aérea de plomo en diciembre de 2000. Se contrasta esta hipótesis mediante las mediciones de contaminación que realizan instituciones privadas o públicas.

El E.P.1 de la investigación sobre el aborto dice: El propósito de esta investigación es conocer la definición institucional del aborto en el Hospital X de la ciudad de México en el año 2000. La hipótesis podría formularse de la siguiente manera: La definición institucional del aborto en el Hospital X de la ciudad de México en el año 2000 es idéntica con la definición del aborto en el Código Penal mexicano. La variable que se contrasta es la identidad de ambas definiciones.

Para la E.P.2 del mismo tema —El propósito de esta investigación es saber si, conforme a esta definición, se presentaron abortos en el hospital X de la ciudad de México en el año 2000— la formulación de la hipótesis es: De acuerdo con la definición institucional del aborto en el Hospital X de la ciudad de México se presentaron abortos en esa institución durante el año 2000. La variable a contrastar es la presencia o ausencia del fenómeno “aborto” en el tiempo y espacio delimitado. La contrastación se realiza mediante entrevistas en el hospital o con el análisis de sus registros.

La formulación de la hipótesis para la E.P.2 del tema de la acústica —El propósito de esta investigación es saber si el grado de inteligibilidad de la palabra hablada en las aulas de la planta baja

del edificio H de la UAM-X cumple con los estándares internacionales respectivos, en el año 2000— podría hacerse como sigue: El grado de inteligibilidad de la palabra hablada en las aulas de la planta baja del edificio H de la UAM-X cumple con los estándares internacionales respectivos, en el año 2000. La propiedad del fenómeno que nos interesa, es decir, la variable a contrastarse es el grado de inteligibilidad de la palabra hablada, según los estándares internacionales respectivos. Se contrasta mediante la aplicación de pruebas auditivas y de comprensión.

Como siguiente ejemplo se toma el E.P.1 de la investigación sobre opiniones acerca de la sexualidad. Ese enunciado temático reza: El propósito de esta investigación es saber si los jóvenes capitalinos afirman en su mayoría el derecho a tener relaciones sexuales prematrimoniales, en el año 2000. La hipótesis: Más de 50% de los jóvenes capitalinos opina que es un derecho tener relaciones sexuales prematrimoniales, en el año 2000. En este caso, la hipótesis pretende establecer la presencia de tal opinión en la mayoría de los jóvenes capitalinos, hecho por el cual se trata de la variable a contrastar. La contrastación se haría mediante censo o encuesta representativa.

Otros ejemplos de hipótesis de primer grado son: El 30 por ciento de los estudiantes de la UAM en el trimestre 2000/0 son mujeres. La propiedad del fenómeno —la "variable"— que nos interesa en esta hipótesis es el porcentaje de mujeres (30%) en el total de la población estudiantil de la UAM en el trimestre 2000/0. Se constata la presencia o ausencia de esta propiedad mediante un análisis del registro estudiantil de la universidad, una muestra representativa o un censo.

Los basureros industriales estadounidenses contienen materiales radiactivos. El fenómeno (la variable) cuya presencia o ausencia nos interesa constatar es el material radiactivo en los basureros industriales estadounidenses. La contrastación de esta hipótesis se haría mediante mediciones de la eventual radioactividad con un contador Geiger o el análisis de la documentación pertinente. Otro ejemplo de una hipótesis descriptiva o constatativa sería: El 8 por ciento de la población mexicana es indígena. La propiedad (variable) que se investiga en esta hipótesis es el porcentaje indígena de la población mexicana. Su

contrastación se realizaría mediante un censo o una encuesta demográfica representativa en México. Un ejemplo más, El paciente X sufre una infección de amibas. La propiedad (variable) a ser investigada es la presencia de protozoes denominados amiba histolítica. Se contrasta la variable mediante análisis clínico.

Del área de la investigación científica histórica podría formularse la siguiente hipótesis: Agustín de Iturbide firmó la declaración de independencia de México. Obviamente, la variable contrastable sería la firma de Iturbide en el documento original que se sometería a un análisis grafológico para verificar su autenticidad. Una forma menos rigurosa, y por ende menos satisfactoria y segura, sería la existencia de algunos testimonios del acto de la firma del documento.

3.4 HIPÓTESIS DE RELACIÓN CAUSAL

Las hipótesis causales y estadísticas están destinadas a analizar una relación de interacción o dependencia entre dos o más variables del fenómeno de investigación. Para los fines de este libro es suficiente limitarnos a la discusión de dos tipos de interacción entre variables: las relaciones de causa-efecto y las relaciones de covarianza o asociación o correlación estadística. Antes de abocarnos a la discusión de la relación causa-efecto conviene una breve aclaración sobre el término causa.

En la edad medieval (escolástica) los letrados diferenciaban hasta cuatro tipos de "causa": la causa formalis, semejante a lo que hoy entendemos por estructura; la causa materialis, referente a la materia de la que se compone un objeto; la causa finalis, que sería la finalidad de una cosa, y la causa efficiens, cuyo contenido se aproxima al significado actual del término.[1]

En la física clásica, como en amplios sectores de la filosofía, se daba por verídica la existencia del principio de la causalidad, tal como se manifiesta en la formulación del filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804), de que "todos los cambios (del universo) ocurren siguiendo a la ley de las causas y los efectos". Para los fundadores de la física moderna, como Galileo y Newton, no había duda que el funcionamiento del universo se basaba en relaciones de causa y efecto; y que si se lograba aislar ciertos procesos de su conexión con la totalidad de la naturaleza —por ejemplo, la caída de un cuerpo— esas reglas de causa y efecto (causalidad) eran inteligibles al ser humano y reconstruibles en forma matemática.

La idea de este determinismo causal se puede entender como la suposición de que existen leyes naturales fijas, que determinan unívocamente el estado futuro de un sistema a partir del estado actual.[2] Se puede formular de la siguiente manera: dado un evento e1, existe otro evento e2 y un intervalo de tiempo t, tales que cuando ocurre e1, le sigue e2 con necesidad, pasado el intervalo de tiempo t.[3]

Con el desarrollo de la física moderna —sobre todo el principio de indeterminismo o incertidumbre de Heisenberg y los trabajos de Maxwell, Gibbs, Planck y Boltzman— se ha introducido la noción de probabilidad al determinismo de la física newtoniana, sustituyéndose la certeza de un "efecto" a raíz de una "causa" por un margen de probabilidad. Asimismo se alteró, radicalmente, la definición de "magnitud observable" en el campo atómico. Por ejemplo, en cuanto a lo primero, en la mecánica newtoniana se suponía que la posición y el momentum de una partícula tienen un valor definitivo y verificable en cada instante, mientras que conforme al principio de incertidumbre de la teoría cuántica ambos no se pueden medir simultáneamente con precisión. La relación determinista en la que e2 sigue invariablemente a e1 sería entonces sólo un tipo de relación posible entre dos variables (eventos), dentro de una escala de probabilidades que va desde 0 hasta 1. En esta escala, una medida de probabilidad menor a 0.5 implica que la relación determinada por la hipótesis es improbable; si es mayor a 0.5 significa que es probable; si es igual a 1 es certera y si es igual a 0 es imposible.

En lo referente a las magnitudes observables la teoría de Newton sostenía, p. ej., que el radio de la órbita del electrón "en un estado fundamental del átomo de hidrógeno es siempre exactamente 5.3 $\times$ 10-11 m". En cambio, la mecánica cuántica afirma que éste es el radio más probable; si realizamos un experimento adecuado "la mayor parte de las pruebas dará un valor distinto, más grande o más pequeño, pero el valor más probable será aproximadamente 5.3 $\times$ 10-11 m".[4]

Por lo antes dicho, hay científicos que postulan que la ciencia no busca explicar relaciones de causa-efecto, sino que trata de encontrar y medir relaciones funcionales invariantes (leyes) entre los fenómenos observados (variables), basadas en el principio de la uniformidad o regularidad de los procesos de la naturaleza.

Sin embargo, al tener conciencia de este debate no resuelto —que constituye uno de los más complejos en la teoría del conocimiento científico (gnoseología o epistemología científica)—utilizaremos la terminología de causa y efecto, entendiendo que se refiere a una relación de dependencia de muy alta probabilidad en la que la

situación determinista —la inevitabilidad del efecto a raíz de la causa— es un caso límite no muy frecuente en la realidad y las teorías científicas, y que esta relación invariante (entre variables) con validez universal —es decir, con validez ilimitada en el espacio y tiempo (leyes universales)— no se da con mucha frecuencia en el cosmos, porque la mayoría de las relaciones objetivas que reconstruimos como leyes científicas, sólo tienen validez dentro de determinados parámetros de espacio, tiempo y movimiento.[5]

Con estas salvedades epistemológicas podemos afirmar que el descubrimiento, la confirmación y la medición de una relación causal entre dos o más factores (variables) de un fenómeno social o natural es, en el fondo, el fin último del proceso de investigación científica. Porque el conocimiento de la relación causa-efecto entre dos eventos concatenados permite la explicación de su comportamiento regular (legal). Como la estructura lógica de una explicación es la misma que la de una predicción, la explicación nos da la clave para pronosticar el comportamiento futuro del fenómeno y este conocimiento nos permitirá dominarlo y utilizarlo para el beneficio del hombre.

Al inicio de esta sección mencionamos que de las dos variables de la hipótesis una se denomina variable independiente y la otra variable dependiente. La variable independiente es la que entendemos como la causa de un fenómeno; la variable dependiente se entiende como el efecto (la consecuencia) de la causa. Utilizando símbolos de la matemática, podemos simbolizar a la variable independiente con “x” y a la variable dependiente con “y” y decir que “y” es una función de “x”.

Entre la causa y el efecto existen solamente dos diferencias significativas: a) la causa antecede al efecto en el tiempo y b) la causa provoca o produce efectivamente la consecuencia que entendemos como efecto, es decir, los dos fenómenos (variables) no son indiferentes el uno al otro. De ambas características se deriva que la relación causa-efecto no se puede invertir, como muestra el siguiente ejemplo de una hipótesis causal. En la hipótesis El calor dilata los cuerpos, la causa (variable independiente) es “el calor” y el efecto (la variable dependiente) es “la dilatación de los cuerpos”. Si se invierte este orden aparece un enunciado sin sentido: Los

cuerpos dilatan el calor. O en otro ejemplo: El infarto cardiaco causó la muerte al ciudadano A. Invertir la relación produciría un enunciado absurdo, que diría La muerte del ciudadano A causó el infarto cardiaco.

Sin embargo, el investigador podría ejercer una influencia muy importante en este contexto. Como decíamos antes, la acción que ejerce la causa sobre el efecto es real, objetiva y le es anterior en el tiempo. No obstante, como muchos fenómenos de la realidad están íntimamente concatenados entre sí o forman parte de redes de fenómenos o cadenas, es la selección del fenómeno de investigación la que determina lo que se conceptualiza como “causa” y como “efecto”.

Con frecuencia, lo que el investigador percibe como causa (x) en el momento (n) de formular su hipótesis ha sido en la realidad efecto (y) de una causa anterior en el tiempo (n-1). Asimismo, sucede el caso contrario en el cual el fenómeno que en el momento (n) de la formulación de la hipótesis es percibido como “efecto” (y) puede ser, en el momento n + 1, en la realidad, la causa (x) de un efecto futuro.

Los siguientes ejemplos hipotéticos ilustran cómo el interés de conocimiento del investigador selecciona, de la red de fenómenos interactivos, una secuencia de dos eventos —cada uno vinculado a eventos anteriores y posteriores— para poder analizarlos como variable independiente y variable dependiente, por medio de la hipótesis causal.

Ejemplo 1. El efecto de nuestra hipótesis en el momento n, aparece en una relación causal posterior (n + 1) como causa. Supongamos que nuestra hipótesis en el momento n sea:

n: Si hay tormenta en Veracruz, entonces llueve en el Distrito Federal.
causa (x) efecto (y)
n + 1: Si llueve en el Distrito Federal, entonces mucha gente se resfría.
causa (x) efecto (y)
n + 2: Si mucha gente se resfría en el Distrito Federal, entonces falta al traba

causa (x) efecto (y)

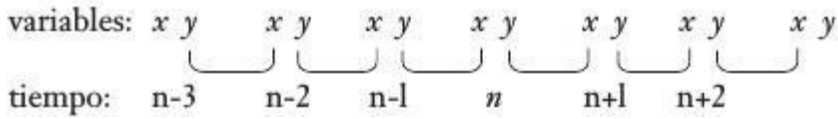
▪

Ejemplo 2. La causa de nuestra hipótesis en el momento n figuró en una relación causal anterior (n-1) como efecto. Supongamos que nuestra hipótesis en el momento n sea:

▪

n: Si hay norte en Veracruz, entonces llueve en el Distrito Federal.
causa (x) efecto (y)
n-1: Si se produce un sistema meteorológico de norte en Veracruz, entonces hay norte en Veracruz.
causa (x) efecto (y)
n-2: Si hay fuerte intromisión de aire polar en el oeste medio estadounidense, entonces se produce un sistema de norte en
causa (x) efecto (y)
n-3: Si el eje terrestre muestra un cierto ángulo frente al sol, entonces hay fuerte intromisión de aire p
causa (x) efecto (y)

Con base en lo antes dicho, podemos esquematizar la relación entre las variables que denominamos “causa” y “efecto”, y la variable tiempo, en una investigación científica, de la siguiente manera:



Para terminar la discusión sobre este aspecto de la temática causa-efecto —que es una de las más complejas tanto en las ciencias sociales como en las naturales— queremos responder una pregunta que con frecuencia surge en el salón de clase: ¿Se inicia una investigación científica para prever el efecto que produce una causa conocida o se inicia para encontrar y explicar la causa desconocida de un efecto observado? En otras palabras, ¿Cuál es el motivo para formular una hipótesis? La respuesta es que ambos casos suceden en la realidad. Una hipótesis se formula cuando nuestro conocimiento sobre una relación causal es deficiente o parcial y esto es válido tanto por la falta de conocimiento por el lado de la causa, como por el lado del efecto. Los siguientes ejemplos nos ilustran tal hecho.

Por lo común, cuando un enfermo acude a un consultorio médico el punto de partida de la investigación del galeno es el efecto (variable dependiente), debido a que el médico sólo conoce los síntomas o el síndrome de la enfermedad que muestra el paciente. Es decir, de ambos polos de la relación causal: variable independiente (causa) y variable dependiente (efecto) sólo se conoce uno: el efecto que se manifiesta por lo general como dolor o malestar. La tarea del médico consiste en descubrir la causa que ha producido la enfermedad que percibe por la manifestación de los síntomas.

Al observar un determinado cuadro de sintomatología de malestar gastrointestinal, por ejemplo, su hipótesis diagnóstica sería: “Una infección de la amiba histolítica produce la diarrea y los espasmos del paciente P”. La contrastación de esta hipótesis se realiza mediante los respectivos análisis de laboratorio.

Si se comprueba su hipótesis formulará otra destinada esta vez no al diagnóstico, sino a la curación del paciente. Esta hipótesis tendría la siguiente estructura: “Si el paciente toma durante tres días el medicamento X, se le quitarán las amibas”. De nuevo, la veracidad de esta hipótesis terapéutica se comprobará mediante análisis clínico, una vez terminado el plazo previsto de tres días.

Un ejemplo contrario donde se conoce la causa pero no el efecto puede tomarse de la economía. Como es de conocimiento general, los impuestos fiscales tienen un efecto considerable sobre la capacidad adquisitiva en una economía nacional. Cuando el gobierno aumenta, p. ej., el impuesto al valor agregado (IVA) de 10 a 16 por ciento, a los ciudadanos les queda menos capacidad de compra. El dilema del gobierno consiste entonces en acertar en la tasa adecuada del aumento fiscal: si el incremento del o de los impuestos es demasiado bajo no recaudará la cantidad de ingresos que pretendía el fisco, pero si el incremento de los impuestos es elevado puede crear una depresión económica con alto desempleo, que además de ese problema laboral que se provoca podría disminuir los ingresos fiscales por debajo de la situación original. De ahí la necesidad de conocer el efecto sobre la economía nacional que producirá la variable independiente “aumento fiscal”.

Se formularían entonces una serie de hipótesis de la siguiente forma: “Si aumenta el impuesto sobre el ingreso en 1 por ciento, entonces las ventas del comercio se reducirán en 0.5 por ciento”; “Si aumenta el impuesto sobre el ingreso en 2 por ciento las ventas del comercio se reducirán en 1.5 por ciento”, etcétera. La contrastación de esas hipótesis se hará mediante simulaciones en modelos de cómputo y, eventualmente, con encuestas representativas de opinión a los ciudadanos. Sin embargo, la contrastación científicamente válida, la que produce conocimiento objetivo sobre el fenómeno real, se da cuando se aplica el incremento fiscal y se pueden medir empíricamente las consecuencias que tiene sobre la capacidad y el comportamiento de adquisición de los consumidores, es decir, en la baja de las compras y la variación del ingreso fiscal.

La hipótesis causal debe tener la forma lógica-sintáctica de un enunciado o una proposición condicional, también llamada hipotética: Si / Cuando x..., entonces... y, este enunciado expresa

que bajo la condición de que se realice el evento x se realizará también el evento y. Dicho de otra manera, después de Si o Cuando el investigador tiene que poner siempre la variable independiente (la causa) de la relación causal que investiga, y después del entonces seguirá siempre la variable dependiente (el efecto).

Esta construcción condicional de la hipótesis causal es de gran ventaja para el investigador principiante, porque le ayuda a evitar uno de los errores más comunes en la construcción de la hipótesis: la confusión entre causa y efecto, entre variable independiente y variable dependiente. Con frecuencia el principiante invierte el orden, como sucede en el lenguaje cotidiano, y pone la variable dependiente en el lugar de la independiente, es decir, hace que la causa siga al efecto. Ejemplos de este error son: “Si la gente no entra en el balneario, es porque la entrada cuesta demasiado”; “Si me rompí la pierna, es porque pisé mal”; “Tomé un refresco porque tenía sed”.

Para llegar a la forma condicional de Si... x, entonces... y se recomienda que el principiante proceda siguiendo dos pasos. Primero se utiliza un enunciado o una proposición afirmativa simple. Hay que recordar que una proposición simple es un enunciado o una frase que afirma o niega algo. En su forma clásica está compuesta por tres elementos, a saber: sujeto, verbo y complemento. Una proposición que satisface esta condición es la frase: El calor dilata los cuerpos.

Al reflexionar sobre la relación causa-efecto, en los términos expuestos, el alumno se dará cuenta que la secuencia entre la variable independiente y la dependiente es correcta: la causa (el calor) precede al efecto (dilata los cuerpos) y lo genera realmente. Ahora puede proceder al segundo paso que consiste en convertir el enunciado afirmativo en un enunciado condicional, compuesto por dos proposiciones que se relacionan mediante la expresión “si, entonces”. La proposición “El calor dilata los cuerpos” asume la forma “Si aplico calor a un cuerpo, entonces ese cuerpo se dilata”.

Así, podemos construir otro ejemplo con un enunciado de propósito sobre el tema de la acústica: “El propósito de esta investigación es saber si la mala acústica de las aulas del edificio H, planta baja, de la Universidad X perjudica el proceso de aprendizaje de los

alumnos". La formulación de la hipótesis sería: 1) La acústica de las aulas del edificio H, planta baja, de la Universidad X, perjudica el proceso de aprendizaje de los alumnos, y 2) Si la acústica de las aulas del edificio H, planta baja, de la Universidad X es deficiente, entonces perjudica el proceso de aprendizaje de los alumnos.

3.5 HIPÓTESIS DE RELACIÓN ESTADÍSTICA

Por último, es importante señalar que las relaciones de dependencia entre diversas variables pueden ser muy complejas. En las así llamadas hipótesis estadísticas están relacionadas ambas variables de una manera real, de tal forma que cuando se modifica a una se observa un cambio en la otra. Por lo tanto, existe una relación asociativa o de covarianza entre ambas, lo que no significa que necesariamente se trata de una relación de causa-efecto. Por ejemplo, cuando la variable "ingreso per capita" aumenta su valor en la economía de un país, la variable "tasa de natalidad" varía también a mediano plazo, de tal manera que se puede establecer esa relación asociativa como: "A mayor ingreso per capita, menor crecimiento demográfico nacional". Pero lo mismo es válido para el ejemplo inverso, formulándose la hipótesis: "A menor crecimiento demográfico nacional, mayor ingreso per capita". Existe, pues, una influencia recíproca entre ambos factores.

El grado de asociación entre las dos variables se puede cuantificar mediante la medida estadística llamada "coeficiente de correlación" y simbolizada generalmente con la letra "r". El significado de una correlación positiva puede ser triple: a) indica que una diferencia en la primera variable genera una diferencia en la segunda, b) que una diferencia en la segunda variable genera una diferencia en la primera y c) que una tercera variable causa las diferencias en la primera y la segunda.

El tercer caso, la influencia de factores (variables) no previstos o no visibles sobre las variables formuladas en la hipótesis produce las correlaciones estadísticas sin sentido (nonsense correlations), como muestra el siguiente ejemplo. "En Europa se puede demostrar que existe una correlación estadística positiva, es decir, una aparente influencia real, entre el crecimiento del pasto y la cantidad de personas que mueren ahogadas en un mes". Es evidente que pese a la asociación estadística positiva no puede haber una relación de causa y efecto entre ambos fenómenos, toda vez que no guardan una relación real entre sí. La explicación está en la influencia de una tercera variable que incide en el comportamiento de las otras

dos, el clima. El crecimiento del pasto en un país depende, entre otros factores climatológicos, de la energía solar. En los meses de verano se da este clima propicio para el crecimiento vegetal, pero que al mismo tiempo calienta tanto a los lagos y los ríos que la gente suele ir a bañarse, lo que produce una serie de accidentes mortales.

Ilustraremos la diferencia entre una asociación estadística y una relación de causa-efecto, al referirnos a la industria del tabaco. En 1950 el epidemiólogo británico William Doll junto con su colega Austin Hill demostraron en un estudio de pacientes con cáncer de pulmón en hospitales de Londres, que el principal causante de esta enfermedad es la fuma de tabaco. Laboratorios de la industria del tabaco llegaron a semejantes resultados, pero las empresas respectivas ocultaron los resultados o, incluso, los negaron mediante el argumento de que Doll y Hill sólo habían comprobado una correlación estadística, más no una relación causal. "Asociaciones estadísticas no pueden establecer causa y efecto" decía el Instituto de Tabaco de Australia y en 1983 argumentó que "Ninguna investigación en el mundo en los últimos treinta años ha mostrado las causas de las enfermedades asociadas con el fumar de cigarrillos... No hay la prueba de una sola muerte causada por fumar cigarrillos".

Fue necesario demostrar con pruebas clínicas que el humo del cigarrillo es un agente carcinógeno que causa progresivamente alteraciones genéticas que transforman el epitelio de los bronquios del pulmón y generan tumores malignos, para que entonces las empresas transnacionales aceptaran una relación causal entre tabaco y cáncer de pulmón, al igual que una relación causal entre fumar tabaco y la adicción a la nicotina.

El primer ejemplo nos muestra las trampas de interpretación de la relación de dependencia causal y de la relación de asociación estadística, mientras que el caso de la industria del tabaco revela el abuso antiético, por motivos pecuniarios, de ese problema metodológico. La moraleja para el estudiante es doble: no identificar sin reflexión adecuada una asociación estadística con una relación causal y no abusar de un problema metodológico de la investigación para fines mezquinos o mercantiles.

3.6 HIPÓTESIS NULA Y ALTERNATIVA

En las ciencias empíricas las hipótesis son aseveraciones sistematizadas que se pueden falsificar o verificar mediante los datos que se obtienen con determinadas pruebas (tests) y mediciones. Generalmente, el investigador expresa en su hipótesis la relación entre variables, que le parece es la más probable, o la característica (propiedad) más probable de un fenómeno. Ejemplo de una hipótesis causal: “Los estudiantes que se preparan para los exámenes obtienen mejores calificaciones que los que no lo hacen”. Ejemplo de una hipótesis de constatación: “La edad media en un grupo de alumnos del tercer año de primaria es nueve años”.

En cambio, cuando se usa el procedimiento de la hipótesis nula el investigador procede al contrario. Postula deliberadamente —podríamos decir contra su propia convicción— que la relación entre dos fenómenos (variables) medidos es nula. Ilustremos ese procedimiento con el ejemplo de la enfermedad del beriberi (II., 4.3.2). El fisiólogo Eijkman había adelantado la hipótesis de que en la cáscara del arroz había un componente (vitamina B1) que impedía la enfermedad. Comprobó la veracidad de la hipótesis mediante un experimento controlado, en el que precisamente un grupo control consumió arroz descascarado y un grupo experimental arroz con cáscara.

Si se aplicara el test de la hipótesis nula para indicar la probabilidad de la hipótesis empírica de Eijkman (algunos autores denominan las hipótesis que no son nulas como hipótesis de trabajo), la formulación de la hipótesis nula sería: “El consumo del arroz con cáscara no evita la enfermedad del beriberi”. La prueba de esta hipótesis se realizaría con un experimento controlado como el de Eijkman, en el que se daría el arroz con cáscara al grupo experimental. Si los datos que se obtienen en el experimento muestran una reducción estadísticamente significativa en la tasa de beriberi del grupo experimental, la hipótesis nula es considerada falsa. La hipótesis nula, simbolizada H0, es generalmente considerada rechazada (falsa) cuando los datos la demuestran como improbable, es decir, cuando la comprueban en menos de 5% de los

casos. Cuando los datos no demuestran la falsedad de la H0 se deja abierto si ésta es falsa o verdadera, porque los datos no permiten una conclusión adecuada. Lo mismo sucede cuando el tamaño de las muestras de datos es insuficiente. El tamaño mínimo depende de los parámetros estadísticos que escoge el investigador.

La prueba de la hipótesis nula fue desarrollada por el científico inglés Ronald Fisher y juega un papel importante en la investigación experimental, para entender los resultados entre grupos de control y grupos experimentales o, en general, el significado de las diferencias entre los resultados de diversas muestras estadísticas. En otras palabras, indica la probabilidad de la hipótesis a través del análisis de los datos recolectados, suponiendo la inexistencia de una relación entre las variables involucradas.

El rechazo de una hipótesis nula —es decir, de una relación improbable entre las variables—, por los datos obtenidos, abre el camino a proceder con la hipótesis correcta. En el caso de Eijkman, por ejemplo, los datos de su experimento demuestran que la hipótesis nula "El consumo del arroz con cáscara no evita la enfermedad del beriberi" es falsa. Es decir, que existe una relación real de causa-efecto entre la cáscara y la enfermedad. Por lo tanto, la función de la hipótesis nula, que es una técnica estadística, consiste en aclarar o avanzar en el camino de una hipótesis correcta sobre el fenómeno de investigación. Lo decisivo sigue siendo la hipótesis original que traza la vía del análisis sobre el fenómeno de investigación. Por lo mismo, como en el caso de Eijkman, en muchas investigaciones no se requiere la prueba de la hipótesis nula, sino proceder directamente a la verificación/falsificación de la hipótesis.

Posterior a Fisher, los científicos Jerzy Neyman y Egon Pearson formalizaron esa implicación del razonamiento estadístico de la hipótesis nula introduciendo el concepto de la hipótesis alternativa (alternative hypothesis), que establece una relación particular entre las variables (fenómenos) investigadas. Por lo general, esa hipótesis alternativa será la hipótesis original (de trabajo) o una modificación de la hipótesis original.

Werner Heisenberg, Das naturbild der heutigen physik, Rowohlt, RFA, 1955, p. 24.

Ibid, p. 25.

Arturo Rosenblueth, El método científico, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, IPN, SER, 15a reimpresión, México, 1995, p. 57.

Arthur Beiser, Conceptos de física moderna, McGraw-Hill, 2a edición, México, 1994, p. 142.

Una de las obras clásicas e imprescindibles al respecto es, por supuesto, el texto de Mario Bunge, Causalidad. El principio de causalidad en la ciencia moderna, Editorial Universitaria, Buenos Aires, 1978, en donde el autor discute extensamente la temática.

4. VERIFICACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

-

4.1 DEFINICIÓN DEL CONCEPTO

Def. 13. La verificación de la hipótesis es la actividad que por medio de los datos aportados por la observación, la experimentación, la documentación sistemática y/o la muestra representativa o el censo comprueba (demuestra) si una hipótesis es verdadera o falsa.

4.2 ¿SE PUEDE VERIFICAR UNA HIPÓTESIS?

Antes de explicar el proceso de la verificación de la hipótesis conviene concientizarnos acerca de la posibilidad de verificar una hipótesis, es decir, comprobar mediante los cuatro procedimientos de verificación si es verdadera. Mencionamos, de paso, que el mismo debate existe acerca de las leyes científicas y aclaramos que la diferencia principal entre una ley científica y una hipótesis científica consiste en que la ley es una hipótesis múltiples veces confirmada —ejemplos: "Siempre cuando se rompe un fierro magnético en dos partes las dos partes vuelven a ser magnéticas"; "En todo grupo humano se generan normas informales al lado de las formales"—, mientras que la hipótesis es un enunciado sistemático avanzado para una primera verificación.

En el debate científico hay corrientes que consideran que, en rigor, la verificación definitiva de una hipótesis o ley no es posible, toda vez que una ley se refiere a todos los casos particulares de comportamiento de un fenómeno, mientras que la posibilidad práctica de verificar estos casos siempre será limitada. La ley de la caída libre de los cuerpos de Galileo, por ejemplo, se refiere a todos los casos particulares de caída libre en el pasado, presente y futuro. Aun cuando todas las verificaciones y mediciones respectivas hayan comprobado la veracidad de esta ley, no se puede excluir que en el pasado se hayan presentado casos de caída libre no observados, o que podría haber casos de caída libre en el futuro que no satisfagan la ley. Su posición se resume diciendo que el alcance de la ley y de muchas hipótesis se refiere a la totalidad de casos de un fenómeno (una clase lógica), es decir, es ilimitado dentro de esta clase lógica, mientras que la posibilidad de su verificación empírica es limitada y, por lo tanto, sólo es posible falsificar una hipótesis, mas no verificarla.

Pese a este debate, no está en disputa en la comunidad científica internacional que: 1) la verificación metodológicamente correcta de la hipótesis es el único recurso que tenemos para conocer la estructura, las propiedades y la dinámica objetiva de un fenómeno, es decir, lo que nosotros llamaríamos su verdad objetiva; 2) que

cada verificación adecuadamente ejecutada sirve a esta finalidad; 3) que muchas verificaciones sí pueden ser decisivas en el sentido de revelar que otras hipótesis competitivas son inadecuadas para llegar a conocer la objetividad del fenómeno.

De tal manera que para los fines de la investigación científica en el nivel de principiantes, y teniendo presente la problemática descrita, emplearemos la convención práctica de decir que cuando los datos de la verificación son congruentes o incongruentes con la hipótesis se considerará a ésta verídica o falsa.

4.3 LOS CUATRO MÉTODOS DE VERIFICACIÓN Y SUS CARACTERÍSTICAS

Desde el desarrollo de la ciencia moderna, a partir del renacimiento europeo, cada disciplina o ciencia particular ha inventado un gran número de técnicas y procedimientos para la descripción, explicación y predicción de los fenómenos que investiga. No obstante, todas estas técnicas y procedimientos pueden subsumirse bajo cuatro métodos de análisis y verificación básicos: 1) la observación; 2) el experimento; 3) la documentación, y 4) el muestreo y la entrevista. Hay una serie de características comunes a estos métodos.

La primera característica consiste en que básicamente intervienen cuatro elementos: 1) el sujeto analizador, guiado por sus intereses de conocimiento y un sistema de conocimientos científicos establecidos, que sirven para plantear la hipótesis, la metodología de su verificación y la interpretación final de los resultados; 2) el fenómeno de investigación; 3) los medios técnicos (instrumentos) utilizados para la investigación, que establecen una relación o correspondencia real (físico) —un puente— entre el fenómeno de investigación y el investigador, a través del cual se registran los datos (características, propiedades, parámetros) del fenómeno; 4) el protocolo de verificación, es decir, la preparación y el registro de las condiciones exactas en que se realizan la observación, el experimento, la documentación o la encuesta.

La segunda característica de los métodos de verificación es su finalidad. Ésta consiste en producir y/o medir y/o registrar datos sobre el o los fenómenos bajo investigación; datos cuyo análisis permite comprender cualitativa y cuantitativamente el comportamiento del fenómeno y, en consecuencia, hacer una inferencia (conclusión) sobre la veracidad de la hipótesis. Por datos entendemos propiedades reales (características, parámetros) del fenómeno que nos interesan para nuestro estudio y que pueden ser registradas y expresadas mediante conceptos y/o números.

Si suponemos como hipótesis a verificar que “la temperatura del

agua de este río en la superficie es de 18 grados Celsius", ésta es una hipótesis de primer grado, de constatación, cuya variable contrastable es la temperatura del agua de superficie del río. Para verificarla medimos la temperatura con un termómetro que al retirarlo del agua nos dice, por ejemplo, 22 grados Celsius. Y es el dato que nos interesa porque expresa una propiedad real (característica, parámetro), en este caso, la temperatura del fenómeno de investigación. El termómetro nos permite medir y expresar esa propiedad en forma cuantitativa (numérica).

Sin embargo, puede haber investigaciones en que nos interese el rango de las variables, no sus diferencias cuantitativas. Un ejemplo sería si quisiéramos saber qué alumnos obtuvieron los mejores lugares en un examen. Los datos en este ejemplo serían: el primero es..., el segundo es..., el tercero es..., sin que supiéramos o nos interesara la diferencia cuantitativa entre cada uno de ellos. Este tipo de datos son cualitativos porque indican una escala de rangos, hecho por el que se llaman también nominales. Por lo tanto, podemos decir que en una investigación científica los datos son las manifestaciones cuantitativas y/o cualitativas de los aspectos del fenómeno de investigación que le interesan al investigador y que pueden registrarse sistemáticamente. A los datos cuantitativos se les llama valores y a los cualitativos modalidades.

Una tercera característica de los métodos de verificación consiste en que su empleo tiene que ser sistemático. Este requisito tiene dos aspectos: a) por lo general, la verificación de una hipótesis no podrá hacerse con una sola observación o un dato singular, sino que requerirá la aplicación repetida de los métodos de verificación para producir series de datos respectivos a la hipótesis; b) para que estos datos obtenidos en repetidos procesos de observación y registro sean conmensurables (comparables entre sí), las condiciones de la observación, medición y registro deben ser iguales en cada repetición de la verificación.

La cuarta característica que comparten los métodos en cuestión es que no deben distorsionar o bien que distorsionen lo menos posible el fenómeno de investigación. ¿Por qué esta necesidad? porque la ciencia procura analizar y medir los fenómenos tal como existen objetivamente en la naturaleza y la sociedad. De tal forma que la

intervención de los métodos y técnicas de análisis debe influenciar lo menos posible en el comportamiento normal o regular del fenómeno.

Alcanzar esta meta tropieza con diversos grados de dificultad según el fenómeno de investigación. En la astronomía antigua la observación de la trayectoria de la Luna —que sirvió para construir la semana de siete días— obviamente no tuvo ningún efecto sobre el objeto de investigación ya que, simplemente, registró sus movimientos mediante cuanta de luz (energía) solar reflejados por él. En un acelerador de partículas, en donde se hace chocar partículas subatómicas aceleradas a velocidades extremas mediante imanes, a fin de analizar las partes que las componen, la intervención del método es extremo ya que produce la fragmentación física del fenómeno de investigación.

Una posición media entre esos dos extremos la encontramos en la aplicación de una encuesta sobre el tema del comportamiento sexual en un grupo de estudiantes. La presencia de los encuestadores, del medio de análisis (el cuestionario) y lo delicado del tema provocan inevitablemente cambios en el actuar normal de este grupo; cambios que pueden llevar a sus miembros a contestar las preguntas no con sus verdaderas opiniones y prácticas sobre lo sexual, sino con respuestas “inventadas”.

Para reducir al mínimo la distorsión o, al menos, entender y poder calcular su impacto sobre el fenómeno de investigación, el científico debe tener sumo cuidado y rigor en la metodología de la verificación. Como el fin del quehacer científico es el uso práctico de los conocimientos obtenidos de nada le sirve, por ejemplo, que recabe datos en un cuestionario que no reflejen las actitudes, las opiniones, los ingresos reales, etcétera, de los encuestados.

Este problema de la objetividad del conocimiento que el método científico produce se deriva del hecho de que el fenómeno (de investigación) está siendo analizado mediante los cinco sentidos y la actividad cerebral del sujeto humano, es decir, por medio de un proceso sensorial-cerebral que procesa los datos respectivos. Corrientes oscurantistas del pensamiento concluyen de este hecho que el conocimiento de la realidad siempre es subjetivista y, por lo tanto, distorsionado. Tal posición es absurda a la luz de los

conocimientos científicos actuales.

Si el conocimiento que un ser humano produce resulta ser objetivo o subjetivo, es decir, si refleja el fenómeno tal cual es o si lo distorsiona, depende esencialmente de la capacidad y del rigor metodológico, así como de la ética científica del investigador. Asimismo, la enorme acumulación de conocimiento objetivo logrado por las ciencias particulares demuestra, fehacientemente, que el hecho de que la interpretación de la realidad sea un producto sensorial-cerebral no predetermina, de manera alguna, que tenga que ser subjetivo o distorsionado.

Un requisito adicional para la metodología del análisis y de la verificación de las hipótesis debe ser la combinación de creatividad y rigor. Para el diseño de las hipótesis y de sus métodos de verificación el investigador tiene que ser imaginativo para plantear la solución de los problemas de validación, que implica tal proceso. La importancia de la creatividad en el diseño de las soluciones posibles a los problemas metodológicos y de contenido, al igual que el valor de la precisión y minuciosidad en la ejecución de las verificaciones, se reflejan en un reciente experimento realizado exitosamente en Estados Unidos.

Uno de los problemas del combate a la tuberculosis consiste en la resistencia a determinados antibióticos que han desarrollado diferentes cepas bacterianas (strains) de la enfermedad. Para saber si un paciente infectado sufre de una de esas cepas resistentes o no, hay que aplicar un cultivo bacterial y someterlo a diversos antibióticos. Tal proceso diagnóstico tarda alrededor de tres meses, que pueden ser decisivos para vencer a la enfermedad. Para reducir este tiempo los investigadores implantaron mediante la ingeniería genética el activo químico de la luciérnaga —que le hace lucir en la noche— en la bacteria de la tuberculosis, y expusieron los respectivos cultivos a diferentes antibióticos. Al reproducirse la bacteria empezaron a iluminarse las células infectadas resistentes a los antibióticos, mientras las demás murieron. De esta manera se redujeron de modo considerable tanto los tiempos como los costos del diagnóstico (verificación) de la enfermedad.

4.3.1 Verificación mediante observación

La observación de las propiedades (características) o del comportamiento de un fenómeno real —junto con el método experimental del ensayo y error (trial and error), conocido por la mayoría de los estudiantes por los experimentos con ratas en laberintos— es el método más antiguo que ha encontrado la humanidad para registrar e interpretar regularidades de la naturaleza y del mundo social. La astronomía, la ciencia empírica (de la realidad) más antigua del hombre, se basó en la observación de las trayectorias planetarias visibles para establecer una red de "control del tiempo", mediante la fijación de conceptos como día, semana, mes y año, así como para determinar inicios y fines de las estaciones agrícolas, etcétera.

En sus orígenes las observaciones se realizaron básicamente con los órganos sensoriales del hombre, hasta que la invención del telescopio, del microscopio, del espectrómetro, entre otros artefactos, extendieron el alcance de los sentidos de percepción hacia el macrocosmos del espacio y el microcosmos del mundo atómico y bacteriano. Mientras que el desarrollo de lenguajes y escrituras naturales (p. ej., el árabe, el griego, el romano) y artificiales (p. ej., sistemas y espacios matemáticos como triángulos, curvas, coordenadas, funciones) ampliaron enormemente las capacidades de registro y análisis.

La función general de todos los instrumentos de observación consiste en ampliar las fronteras de la percepción humana; ya sea por vía de su extensión directa, como en el caso de un telescopio óptico, ya sea por la detección de señales exteriores no accesibles a los órganos sensoriales y su transformación en lenguajes perceptibles para estos, tal como sucede con la transformación de ondas electromagnéticas en un sonido audible por medio de la radio o bien de los impulsos eléctricos del cerebro en gráficas producidas por un electroencefalógrafo.

Hoy día, un aparato de observación puede ser extraordinariamente complejo y costoso, como nos muestra el ejemplo de las sondas espaciales Voyager I y Voyager II. Después de un viaje de 15 años y 4.9 mil millones de millas en el espacio del Voyager I, y de 3.7 mil millones de millas del Voyager II, ambas sondas observaron

mediante sofisticados receptores, a partir de agosto de 1992, emisiones radiales de baja frecuencia —producidas por la interacción entre el plasma solar y gases fríos del espacio interestelar— que permitieron calcular, por primera vez, el límite del sistema solar (heliopausa).

Otros aparatos de observación con los que el lector estará más familiarizado son el ultrasonido, los tomógrafos o los rayos X, que permiten la observación directa (in situ) del estado y funcionamiento de órganos, tejidos y huesos, lo que de otra manera sería imposible sin intervención quirúrgica.

No obstante, la observación directa y sin mayor empleo de instrumentos sigue utilizándose en algunas ciencias, como por ejemplo en la investigación de campo de la etología, de la antropología y en ciertos diagnósticos de la psicología y psiquiatría. En estos contextos se diferencia entre la observación externa, es decir, aquella en la que el investigador sigue siendo ajeno al fenómeno de investigación (en este caso, una persona o un grupo de personas o animales), el que no se da cuenta de que está bajo observación, y la observación participante, en la que el investigador participa de alguna forma en las actividades de la persona o del colectivo, que tienen pleno conocimiento de estar siendo observados. Un ejemplo extremo es un diagnóstico psicoanalítico. En este caso se justificaría incluso hablar de una combinación de observación y experimento, considerando que el investigador inducirá muchas reacciones del fenómeno de investigación.

La observación científica juega un papel de gran importancia en todos los métodos de verificación, porque es la condición principal para la percepción y el registro de los datos. A diferencia de las observaciones casuales o de la vida cotidiana siempre tiene dos elementos clave: a) es deliberada, es decir, se lleva a cabo con un objetivo determinado y en condiciones al menos parcialmente controladas, y b) es guiada por la hipótesis y apoyada por los conocimientos teóricos y metodológicos del científico. Ambos elementos permiten una muy superior profundidad y calidad de la observación que la del testigo casual, hecho que es obvio en el rastreo que realiza un astrónomo del cielo nocturno o cuando un radiólogo observa una radiografía.

Como ya se advierte, una meta muy importante que el investigador debe tratar de cumplir en el proceso de observación consiste en perturbar lo menos posible el funcionamiento normal del fenómeno de investigación. Si dicha perturbación es inevitable conviene saber, con la mayor exactitud posible, en qué medida su intervención observadora distorsiona el proceso natural del fenómeno.

De lo dicho antes se desprende que la observación científica por lo general no es espontánea, sino que se rige por una disposición mental de vigilar y registrar, de la manera más objetiva y con indicadores o parámetros previamente establecidos (un protocolo de registro), el comportamiento del fenómeno. Los datos son las evidencias o manifestaciones del comportamiento del fenómeno (parámetros) que se observan y registran, como por ejemplo los cambiantes valores de la presión arterial de una persona, las oscilaciones de una acción en la bolsa de valores o el cambio de la presión en un gas en dependencia de su temperatura.

4.3.2 Verificación y requisitos por experimento

La diferencia fundamental entre la observación y el experimento consiste en que en la primera actividad el investigador es esencialmente receptor y registrador (con o sin instrumentos) de los datos que emanan del fenómeno de investigación, mientras que en la segunda el investigador mismo evoca activa y deliberadamente esos datos. Podemos hacer palpable esta diferencia con un ejemplo de la geología. Un sismógrafo, implantado en las faldas de un volcán para registrar (y medir) los movimientos telúricos subyacentes, constituye un medio de observación y registro del fenómeno de investigación. En cambio, en ciertas actividades de exploración petrolera se hacen estallar cargas explosivas en el suelo y se registran mediante el sismógrafo las ondas expansivas, que varían según la conformación geológica del subsuelo. En este último caso estaríamos ante un experimento, toda vez que el investigador induce o provoca (evoca) deliberadamente una reacción del fenómeno de investigación para medir y analizarla. Con todo, hay que reconocer que los límites entre ambos métodos fluyen y que en algunos casos podría argumentarse justificadamente que se trata de uno u otro, tal como vimos en el ejemplo del ultrasonido.

La posibilidad de usar el experimento como medio de verificación de la hipótesis depende del fenómeno de investigación. En esencia hay dos tipos de razones o factores que pueden hacer imposible la realización de un experimento: las prácticas y las éticas. Limitaciones de tipo ético se encuentran, p. ej., en la psicología, la medicina, la economía, etcétera. Sería antiético, que la psicología o medicina probaran la efectividad de una nueva droga o de un nuevo medicamento en seres humanos, sin haberse asegurado antes de que no produzca efectos negativos colaterales. Asimismo, sería obviamente inmoral que en una investigación económica se sometiera un grupo social al empobrecimiento extremo, con la finalidad de ver cómo reacciona frente a tal fenómeno.

Las fronteras de la experimentación y, en general, de todos los métodos mencionados se amplían en la medida en que el proceso tecnológico avanza. Hoy en día es posible ver el cerebro humano trabajando sin necesidad de intervenirlo anatómicamente. Las máquinas de fast magnetic resonance imaging (MRI; imágenes rápidas por resonancia magnética) capturan los campos magnéticos producidos por el flujo de sangre en el cerebro y los representan, interpretándolos por medio de programas de computación en forma óptica o estadística. Cuando un grupo de células cerebrales se activa, por ejemplo, al responder una persona a una pregunta, jala sangre oxigenada (arterial), la que emite campos magnéticos diferentes a los que produce la sangre desoxigenada (venosa). La computadora convierte esas diferencias en imágenes que iluminan los sectores cerebrales que cumplen sus respectivas funciones.

Todo experimento en las ciencias empíricas, pese a las múltiples formas que puede asumir, tiene que cumplir con ciertos requisitos para que sus resultados sean aceptados por la comunidad científica internacional y tengan validez, es decir, sean reconocidos como verídicos. Entre esos requisitos podemos mencionar siete:

1) El experimento tiene que ser guiado en su diseño y ejecución por una hipótesis, una clara formulación del interés de conocimiento del investigador, conforme a los criterios de las hipótesis que explicamos antes. La función del experimento consiste en recabar datos sobre las propiedades (características, parámetros) del fenómeno de investigación. Los datos son características (manifestaciones) empíricamente

constatables o medibles del fenómeno, que el investigador registra sistemáticamente mediante lenguajes cualitativos y cuantitativos definidos en su protocolo de investigación. No es posible realizar experimentos sin hipótesis.

2) Las condiciones del experimento deben estar definidas con claridad en el protocolo de investigación. En primer lugar las variables (factores) que se pretenden analizar y que son parte de la hipótesis, es decir, la variable independiente y la variable dependiente. La variable independiente ("causa") es controlada por el científico, mientras que la dependiente ("efecto") varía. En segundo lugar hay que garantizar que las demás variables (factores) del entorno no influyan en las variables que se pretenden medir. Por ejemplo, si se realiza una serie de experimentos destinados a saber cuánta energía se requiere para que un litro de agua entre al punto de ebullición (pasa al estado gaseoso), hay que garantizar que la altura geográfica de los respectivos laboratorios sea la misma, considerando que la presión atmosférica —que varía con la altura— influye sobre el proceso de calentamiento. En altitudes superiores el agua necesita temperaturas menores para entrar en ebullición (hervir). En el contexto general del experimento podemos entender estos factores como variables controladas, es decir, variables que no se pretenden analizar, pero que tienen cierta influencia sobre las variables bajo investigación; hecho por el cual tienen que ser controladas o, como también se dice, consideradas como variables constantes. En tercer lugar deben controlarse las condiciones técnicas y humanas del experimento. En cuarto lugar los procedimientos de registro de los datos y las mediciones deben ser definidos con rigor. Para medir con exactitud y lograr calidad en la investigación se requiere de unidades de medida claras y consistentes. Muchos patrones de medidas básicas y derivadas están definidos en la metrología, la ciencia de las medidas. Se trata de cantidades estandarizadas de una determinada magnitud física (longitud, masa, intensidad de la electricidad, etcétera), de coeficientes matemáticos o de convenciones sociales. Se diferencia entre el resultado de la medición y la incertidumbre de medida. Los errores pueden ser aleatorios y/o sistemáticos. En muchos casos se pueden calcular numéricamente indicando la dimensión de la duda acerca del resultado.

El uso de las unidades de medida estándar y de los conceptos comprobados de las respectivas ciencias son imprescindibles para los principiantes. En una ocasión mis estudiantes querían realizar

una investigación sobre la “energía cósmica”. Esa “energía cósmica” que, según ellos, puede captarse mediante cuerpos de forma piramidal, tiene la propiedad (característica) de impedir o desacelerar el envejecimiento de cualquier materia orgánica puesta bajo el cuerpo piramidal. Les advertí que el término “energía cósmica” —en el sentido en que ellos lo usaban— no forma parte del cuerpo teórico de la física establecida, hecho por el que sospechaba que se trataba de un término de sentido común o una charlatanería.

No obstante, insistieron en que el fenómeno existía objetivamente y que el concepto era científico. Para contrastar su conjetura propusieron un experimento, en el que un número de tomates verdes serían puestos dentro de la pirámide (el grupo experimental) y otro grupo fuera de ella (grupo control). Por el efecto de la “energía cósmica” los tomates dentro de la pirámide se mantendrían frescos y, por ende, de color verde, mientras los otros madurarían y se pondrían rojos. Les expliqué que la visión humana es un medio muy subjetivo para definir los colores y que tendríamos que medir el supuesto impacto de la variable causa (“energía cósmica”) sobre la variable efecto (no-maduración de los tomates) de una manera más objetiva.

Sustituimos entonces los tomates por dos vasos de leche y medimos el grado de acidez de la leche (su pH) en cada vaso diariamente hasta el fin de la contrastación. Como era de esperarse, al terminar el experimento el grado de acidez de la leche en ambos vasos fue el mismo, es decir, no se comprobó ninguna correlación positiva (dependencia/influencia real) entre la supuesta “energía cósmica” captada mediante cuerpos de forma piramidal y el proceso de maduración de la materia orgánica. Les recomendé a los alumnos que en el siguiente semestre investigaran una nueva hipótesis sobre la “energía cósmica”: el pensamiento mágico de grandes sectores de la población convierte la venta de “pirámides cósmicas” en un buen negocio.

3) Las medidas previstas en el protocolo de investigación deben ser realizadas adecuadamente, es decir, con rigor y sensibilidad (véase punto 6).

4) La interpretación y representación estadística de los datos tiene que ir

acompañada por una interpretación adecuada de su significado real, empírico. No tiene sentido, por ejemplo, usar promedios aritméticos que nivelan matemáticamente diferencias empíricas importantes de un fenómeno heterogéneo o aplicar medidas de correlación estadística a una muestra no representativa. En otras palabras, la dificultad en este paso radica en la aplicación adecuada de las diversas medidas de la estadística (promedios, porcentajes, cifras absolutas, medidas de dispersión, probabilidades, correlaciones, tipos de variables, etcétera) que hoy día constituye una de las áreas más complejas y difíciles del quehacer científico.

5) Por lo general, la publicación del protocolo se rige por las exigencias de la institución que financia el experimento o acepta su publicación. Si el investigador ya tiene una idea clara sobre ese foro de publicación —por ejemplo, una tesis doctoral en una universidad o una investigación para una fundación—, entonces conviene que se familiarice con las normas de esta institución antes del diseño del experimento.

6) Una adecuada combinación entre rigor y creatividad/sensibilidad del investigador, tanto en el diseño como en la realización del experimento, es de enorme importancia. Con frecuencia se presentan en la investigación científica relaciones de dependencia entre las variables o configuraciones no previstas. A estas configuraciones no previstas o no previsibles se les suele llamar en el lenguaje común "casualidad", "azar" o (buena o mala) "suerte". Darse cuenta de esas configuraciones no previstas y, sobre todo, entender sus posibles significados ha generado algunos de los descubrimientos científicos más extraordinarios. El descubrimiento de la penicilina por el biólogo escocés Alexander Fleming (1928), p. ej., resulta de esta sensibilidad del investigador. En 1928 Fleming hacia experimentos con la peligrosa bacteria staphylococcus aureus en las placas de Petri. Accidentalmente se contaminaron algunas placas con el hongo Penicillium notatum. Al transcurrir el tiempo el biólogo observó que alrededor del moho se formaban zonas circulares en las cuales no se detectaba la presencia de bacterias. En lugar de enojarse y descartar esas placas porque se habían contaminado —en cuanto al objetivo original del cultivo de las colonias bacteriales— Fleming entendió, con gran sensibilidad, el significado de este resultado accidental e imprevisto: que el hongo producía una sustancia natural que tenía un efecto antibacteriano. De esta manera Fleming aportó a la medicina un medicamento, la penicilina, que cambió dramáticamente las

posibilidades de sobrevivencia humana (y animal) ante las enfermedades infecciosas. Fue el comienzo del desarrollo de los antibióticos.

La relación entre el necesario rigor y la imprescindible creatividad, imaginación y sensibilidad ha sido formulada ejemplarmente por el gran científico francés Louis Pasteur, el fundador de la microbiología, cuando sentenció que "el azar favorece sólo a la mente preparada". Tigran Petrosian, campeón del mundo de ajedrez, lo expresó con fina ironía paradójica diciendo "los buenos jugadores tienen suerte". La moraleja es que el nivel teórico-metodológico, el cultural y la sensibilidad del científico son "insumos" extraordinariamente valiosos en la producción científica.

Empero, es necesario precisar dos aspectos más de esta delicada relación. Mientras la observación de Fleming fue significativa y abrió la puerta para un impresionante progreso científico, su validez científica sólo se consideró establecida cuando futuras pruebas clínicas, específicamente diseñadas para tal fin, demostraron que la penicilina en efecto mataba a las bacterias. El segundo aspecto se refiere a la práctica de redefinir el protocolo de investigación después de la verificación/falsificación de las hipótesis, convirtiendo fracasos de la relación variable independiente (predictor)-variable dependiente en éxitos. Un ejemplo es la autorización de la Food and Drug Administration (FDA) de Estados Unidos, de una nueva droga (isosobide dinitrate) contra patologías coronarias. Las pruebas respectivas no habían mostrado un mejora en los pacientes a raíz del tratamiento, es decir, la hipótesis no se verificó. Sin embargo, subsiguientes análisis de la empresa parecían indicar que tenía un efecto positivo en afroamericanos, hecho por el que la FDA aprobó el medicamento. Como la prueba no estaba diseñada para tomar en cuenta etnias particulares debía haberse organizado un nuevo experimento o estudio observacional que verificara esa supuesta relación de eficacia del medicamento sobre ese particular grupo étnico de individuos.

7) En la ciencia un sólo experimento exitoso no es considerado como la última palabra. Múltiples repeticiones, inclusive por diferentes investigadores, proporcionan mayor confianza en la validez de los

resultados obtenidos. De ahí resulta el requisito de que el experimento tiene que ser reproducible. Es decir, los principales pasos del experimento deben estar especificados de tal manera en el protocolo científico que todo científico que así lo quiera pueda repetirlo independientemente, para convencerse de la veracidad de sus resultados. Entre los múltiples controles de calidad del trabajo científico —como el protocolo científico y la revisión de los reportes de investigación por revisores externos— la reproductibilidad del experimento ofrece una protección particular contra charlatanes y potenciales falsificadores en el quehacer científico.

En este sentido, una experiencia digna de contar se produjo en 1989 cuando los químicos Martin Fleischmann y Stanley Pons, de la Universidad de Utah, anunciaron en una conferencia de prensa que habían producido reacciones de "fusión fría", con la consiguiente liberación de energía, a temperatura ambiente. Si este logro hubiera sido real se habría resuelto la escasez de energía en el mundo para siempre. Al publicarse los pasos del experimento varios laboratorios de todo el mundo trataron de emularlo y obtener los mismos resultados, pero en ningún caso lograron que se liberaran las cantidades de energía indicadas por los dos químicos estadounidenses y tampoco hubo indicios de que se estuvieran produciendo reacciones de fusión. Ante esta evidencia mundial Fleischmann y Pons decidieron retirar su comunicación y la "fusión fría" quedó en el reino de la ciencia ficción.

Otro control de calidad de enorme utilidad y rigor es el de las pruebas a "doble ciego" (double-blind), que pretenden proteger la objetividad del trabajo científico, tanto contra el "efecto placebo" (la autosugestión) como contra los prejuicios y subjetivismos del investigador. En el caso de un nuevo medicamento, por ejemplo, no se informa a los científicos que aplican la prueba (test) quienes son los miembros del grupo experimental y quienes los del grupo control, es decir, los involucrados en el experimento desconocen quien recibe el medicamento y quien los placebos.

Supongamos el siguiente caso. Se tiene un grupo A de cinco investigadores que desarrollaron una vacuna. Hay un grupo B de cinco científicos que recibe del grupo A cien frascos codificados con números. Cincuenta de los frascos contienen la vacuna y el resto sólo tiene un placebo. El grupo B, sin saber qué frascos contienen el

placebo, aplica las inyecciones a una muestra de cien personas registrando las reacciones inmunológicas de esas personas exclusivamente por los números de los frascos aplicados. Los individuos que reciben el placebo son el grupo control y aquellos que recibieron la vacuna (la variable independiente) son el grupo experimental. Al terminar la prueba de doble ciego (double-blind test) el grupo B facilita los resultados al grupo A que identifica con los códigos numéricos a las personas y se verá si el medicamento tuvo un efecto estadísticamente significativo contra la enfermedad, frente al placebo. Estadísticamente significativo quiere decir que su efecto no puede resultar del azar, sino que fue causado por la variable independiente.

En todo este proceso de medición de la relación entre la variable predictor (independiente) y la dependiente, el método del doble ciego evita que los investigadores, los aplicadores o los pacientes puedan influenciar los resultados deliberadamente o subconscientemente. Una forma menos rigurosa de control es la investigación a ciegas donde sólo los investigadores o los sujetos a prueba saben cuál es el medicamento y cuál el placebo.

Exiten diferentes tipos de experimentos. Algunos sirven para contrastar una hipótesis sobre la presencia o ausencia de un fenómeno o de la propiedad de un fenómeno (hipótesis de primer grado o descriptiva), otros tienen la función de analizar relaciones de dependencia entre variables independientes y dependientes (hipótesis cero, causales o estadísticas) o los límites de validez de una teoría. En el segundo caso frecuentemente el experimento se lleva a cabo mediante un grupo experimental y un grupo control. Esto quiere decir que en ambos grupos todas las condiciones (variables) que intervienen se mantienen idénticas salvo una, que es la variable independiente o experimental. Esta variable es manipulada por el investigador. El grupo en que se modifica dicha variable se denomina grupo experimental; en este grupo están los sujetos a prueba. El grupo que refleja las condiciones normales del fenómeno de investigación se denomina grupo control.

Por citar un caso: cuando el fisiólogo holandés Christiaan Eijkman (1858-1930) llegó a la hipótesis de que la enfermedad del beriberi se debía a un déficit nutritivo (vitamina B1) en la dieta arrocera,

decidió contrastarla de la siguiente manera. Escogió a dos poblaciones de enfermos que compartían las principales variables (características), por ejemplo, en lo referente a la edad, nivel de vida y la misma alimentación arrocera. La alimentación se basaba en arroz cocido, después de habérsele quitado la cáscara. A un grupo (el grupo experimental) el investigador le cambió la dieta ordenando que el arroz se cocinara con su cáscara, mientras al grupo control le mantuvo el consumo del arroz preparado sin cáscara. Después de algunas semanas el grupo experimental mostró un mejoramiento en su cuadro de salud, mientras que los miembros del grupo control seguían padeciendo la misma patología. Se infirió entonces que la variable experimental o independiente —arroz con cáscara— fue responsable en el cambio del cuadro clínico observado en el grupo experimental y que, por lo mismo, existía una relación causal entre la cáscara del arroz como valor nutritivo y el desarrollo del beriberi.

En estudios de medicina se llama al grupo control también grupo placebo. Un placebo es una sustancia farmacológicamente inerte que se utiliza en pruebas clínicas para ver si tiene un efecto preventivo o terapéutico sobre un agente patógeno (enfermedad). Si se quiere probar la eficacia de una nueva vacuna contra la influenza, por ejemplo, se divide un grupo de personas que es semejante en todos los aspectos, inclusive el riesgo de contagio de la enfermedad, en dos grupos. El grupo experimental se vacuna con el nuevo medicamento, mientras que el grupo placebo recibe inyecciones inocuas, sin ningún principio activo contra el virus. Las personas de los dos grupos no saben que unos reciben el placebo y los otros la vacuna. Si al final del experimento las personas del grupo experimental muestran una tasa de infección significativamente menor, es decir, con un margen estadístico relevante que indica que los resultados no se deben al azar sino al efecto de la vacuna, entonces el investigador infiere que la vacuna tiene propiedades antivirales contra la enfermedad.

Una última observación sobre el experimento. En ciertas ciencias naturales se ha generalizado la opinión de que “la ciencia” es “el experimento” y que, por lo tanto, sólo son “ciencias exactas” las que usan tal procedimiento. Esto es un mito profesional y metodológicamente es una pretensión reduccionista. Una de las

ciencias empíricas más exactas que existen es la astronomía —como ilustra el cálculo de Leverrier y Adamas sobre Neptuno, citado anteriormente— y los experimentos que se han podido hacer en ella son contados. Basta ver la asombrosa precisión de los cálculos astronómicos de los mayas o sumerios para darse cuenta de este hecho.

El experimento es, sin lugar a dudas, un procedimiento científico muy importante pero no es ni podrá ser el único ni "el mejor".

4.3.3 Verificación por documentación

La verificación de una hipótesis mediante documentación se realiza en dos pasos: se compara un enunciado hipotético con una fuente de información pertinente y de credibilidad (no sesgada) y con base en esta comparación se realiza una inferencia (conclusión) sobre la veracidad o falsedad del enunciado. Por fuente de información pertinente entendemos una fuente que se refiere al fenómeno de la realidad que estamos investigando. Por credibilidad de la fuente entendemos un ente informativo (una institución o una persona), cuyo manejo de información en el pasado ha demostrado seriedad, honestidad y transparencia adecuada y que, en consecuencia, disfruta del correspondiente reconocimiento nacional o internacional.

Hoy día, la fuente de información puede proporcionar los datos que nos interesan en forma escrita —generalmente impresa— o en forma electrónica (CD, video, online u offline, etcétera). Es necesario que el investigador se acerque muy críticamente a esa información, sobre todo cuando trabaja un tema en ciencias sociales. Para construir el marco teórico tiene que buscar las definiciones de los principales conceptos que utilizará, actividad que debe realizar, en primer lugar, mediante la consulta de enciclopedias generales, para después pasar a literatura especializada. Por lo común, las enciclopedias que están en el mercado no cumplen con los requisitos del conocimiento objetivo. Cuando se refieren a temas sociales o políticos con frecuencia muestran fuertes influencias y distorsiones ideológicas (sesgos). Para, en la medida de lo posible, neutralizar esas distorsiones el

investigador novato tendrá que recurrir a tres o cuatro enciclopedias diferentes, buscando la misma definición (o el mismo dato) en cada una de ellas y comparándolas para escoger la más adecuada y objetiva. Ese procedimiento es conocido como “cruzar” la información, o sea, comparar la información de diferentes fuentes.

Semejantes precauciones también son necesarias frente a los periódicos, cuyas secciones de economía y política con frecuencia proporcionan información incoherente, contradictoria o sesgada; por errores que se dan en todo tipo de trabajo o por intereses económicos y políticos; también por una escasa formación profesional del personal periodístico. La actitud crítica del investigador no sólo es necesaria frente a la consulta de conceptos, definiciones y conocimientos históricos, sino además cuando se trata de datos cuantitativos. Si se compara, por ejemplo, la importancia del sector primario en el producto interno bruto (PIB) de Estados Unidos y el de México hay que asegurarse de que el concepto “sector primario” abarque los mismos sectores productivos (agricultura, pesca, forestal, etcétera) tanto en un país como en el otro. En algunos países la minería es considerada actividad primaria, en otros se clasifica como actividad industrial (secundaria).

Otros ejemplos son ciertos datos económicos. Para hacer comparable a escala internacional los productos internos brutos de los Estados nacionales, estos se calculan normalmente en dólares estadounidenses (Foreign Exchange Rates) o por el valor adquisitivo (Purchasing Power Parity). Si el valor del dólar (su cotización) varía de un año a otro influirá sobre la suma de los PIB calculados, sin que estos, necesariamente, hayan tenido aumentos o bajas reales de crecimiento en el periodo considerado. Se trataría sólo de un cambio nominal.

A veces está en disputa la autenticidad de un documento, es decir, existen dudas sobre la autoría del mismo. En estos casos hay diferentes métodos para juzgar si el documento es apócrifo, tales como la interpretación hermenéutica, el análisis del papel para datar su antigüedad y el análisis grafológico. El extraordinario avance de la ciencia forense ha convertido el problema de la

autentificación de un documento esencialmente en un problema económico, ya no científico. Y las reglas de publicación de revistas científicas, con dictaminadores independientes (peer review) y protocolos de investigación, junto con el libre acceso a la información en Internet, proporcionan un cierto control de calidad a las publicaciones respectivas.

Habíamos dicho que la verificación de una hipótesis mediante documentación se realiza en dos pasos: se compara un enunciado hipotético con una fuente de información pertinente y de credibilidad y, con base en esta comparación, se realiza una inferencia (conclusión) sobre la veracidad o falsedad del enunciado. Veamos un ejemplo. Si se quiere contrastar la hipótesis: El desempleo en España durante el primer trimestre de 1993 fue del 22 por ciento, se consultan las estadísticas correspondientes de organismos económicos internacionales: Fondo Monetario Internacional, Banco Mundial, OECD o también una fuente nacional como el Banco Central de España, entre otros.

Estas fuentes son pertinentes porque trabajan sobre el mismo sector de la realidad al que pertenece nuestro fenómeno de investigación (economía). También tienen un grado aceptable de credibilidad. Si encontramos en esas estadísticas la información de que, efectivamente, 22 por ciento de la población del Estado español está desempleada, consideramos que la hipótesis es correcta.

4.3.4 Verificación por muestreo: conceptos básicos y escalas de medición

Para conocer las características (propiedades) de los sujetos (personas) u objetos o relaciones que componen el fenómeno de investigación estadístico, es decir el universo estadístico, el investigador puede proceder de tres maneras: realizar un estudio piloto, un censo o una muestra/encuesta.

Un estudio piloto es un estudio exploratorio que tiene la función de orientar y guiar al investigador en la fase inicial de la investigación, cuando todavía no conoce bien las propiedades (características) de los miembros de la población estadística (su fenómeno de investigación) y, por lo tanto, no puede diseñar un cuestionario

definitivo, un experimento o una muestra/encuesta representativa. En otras palabras, la función del estudio piloto consiste en proporcionar tempranamente la información que se requiere para planificar de modo adecuado una muestra o encuesta.

El estudio piloto se realiza mediante la aplicación de cuestionarios o entrevistas a algunas personas del universo, que se consideran representativas de la población o que, se supone, disponen de mayor información sobre ella que las demás; proporcionando de esta manera pautas y datos para el diseño del cuestionario y la encuesta definitiva. A veces se sustituyen los cuestionarios por entrevistas grabadas, cuyo posterior análisis cumple la misma función.

El censo se da cuando se registran las características, propiedades (valores o modalidades) de todos los individuos de una población estadística que se refieren a la variable que le interesa al investigador. La ventaja del censo consiste en que la información recabada es completa, considerando que se obtienen las respuestas de todos los elementos que pertenecen a la población. No existe, por lo mismo, el error de muestreo. Su principal desventaja consiste en que el censo es costoso y su evaluación sumamente tardada. Esa es la razón por la que en la mayoría de las naciones industrializadas se aplican los censos solamente cada diez años.

Una forma más económica y rápida para recopilar información sobre el universo es la muestra. Por una muestra estadística se entiende, dentro de nuestro contexto, el estudio de un subconjunto (una fracción) de una población estadística, de cuyos resultados se infieren datos (propiedades) sobre las características de la población entera. Una muestra puede ser representativa o no-representativa (sesgada). Una muestra (n) es representativa para una población (N), cuando los valores de las variables (propiedades) arrojados por ella reflejan, con un determinado margen de error estadístico —que depende del protocolo de investigación—, los valores de las variables (propiedades) de la población. En otras palabras, cuando la distribución de valores de las variables del subconjunto se asemeja, con un margen de error previsible, a la del conjunto (universo estadístico) entero. Para que los resultados puedan generalizarse a toda la población la muestra debe cumplir con los

requisitos probabilísticos de la selección al azar y de tamaño mínimo que explicaremos más adelante.

La muestra y la encuesta representativa han llegado a ser procedimientos metodológicos fundamentales en la ciencia actual. Toda vez que en su nivel inferencial (inferencia sobre un universo) utilizan cálculos probabilísticos. Estos métodos constituyen, junto con el experimento, probablemente los métodos más complejos en las ciencias sociales actuales. Debido a esta complejidad nos limitamos a exponer al principiante algunos requisitos y problemas que implica la utilización de este procedimiento y advertimos sobre la dificultad de adentrarse en esta materia solamente de forma autodidáctica.

La función de una muestra o encuesta consiste en recabar información verídica y pertinente sobre un fenómeno social o natural masivo o repetitivo. La diferencia entre la muestra y la encuesta consiste en que la encuesta utiliza cuestionarios o preguntas verbales, es decir, requiere respuestas de sujetos (seres humanos) a un conjunto de preguntas. La muestra, en cambio, puede generar información a partir de todo tipo de fenómenos como, por ejemplo, en el control de calidad de un producto industrial. (En una producción de 10 000 focos eléctricos, ¿cuántos son defectuosos?) Por lo tanto, podemos decir que la encuesta es un subtipo de las muestras.

Las muestras pueden ser representativas o no-representativas. Las representativas se llaman también aleatorias y las no-representativas sesgadas. Cuando no son representativas sus resultados no pueden ser generalizados para el universo a que pertenecen. En otras palabras, las muestras sesgadas no permiten hacer inferencias sobre la totalidad de la población estadística. Su valor informativo se limita a la muestra escogida. Para lograr una muestra representativa la selección de sus miembros tiene que ser al azar y el tamaño de la muestra tiene que responder a ciertos parámetros estadísticos. Estos requisitos no se exigen para una muestra sesgada.

Todas las muestras estadísticas de una investigación científica son subconjuntos (partes pequeñas) de una totalidad mayor que llamamos población o universo estadístico. El universo estadístico,

sea un grupo o colectivo de sujetos (personas) o una cantidad de objetos o movimientos (casos), es definido por el interés de conocimiento del investigador. Un universo estadístico es un conjunto de casos que tienen, al menos, una característica (propiedad) en común, que interesa al investigador. Recordemos que el interés de conocimiento del investigador está definido en forma "pura" en las hipótesis. Por lo tanto, cuando el investigador determinó sus hipótesis y éstas pretenden arrojar información cuantitativa sobre un fenómeno masivo, ha definido su universo estadístico. Como ejemplos, si quiere realizar una investigación sobre la conducta sexual de los alumnos de primer ingreso de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), entonces el universo estadístico del estudio sería todos los alumnos del primer semestre de la institución. En cambio, si el interés de conocimiento del investigador se refiere a la dinámica de grupo en un determinado salón (S) de estudiantes de veterinaria, su población es la totalidad de los mismos. Mientras que si se quisiera conocer los ingresos de todos los hombres en la República mexicana, el universo estaría constituido por todas las personas masculinas que viven dentro del territorio nacional.

En el primer ejemplo la característica compartida por todos los elementos del universo es la de ser alumno de primer semestre en la UNAM. En el segundo ejemplo la propiedad común es ser estudiante de veterinaria en el salón S de la UNAM y en el último son dos características: la de ser una persona masculina y vivir dentro del territorio mexicano. Por lo general se denomina a un universo estadístico con la letra mayúscula N y a una muestra con la letra minúscula n. Los elementos particulares que conforman la población y la muestra/encuesta se llaman individuos, unidad estadística o miembros. Las variables de la muestra/encuesta son las variables que están definidas en nuestras hipótesis, es decir, los fenómenos, rasgos, propiedades o características del fenómeno real que nos interesan, a saber, la conducta sexual de los estudiantes. Esa variable formulada en nuestra hipótesis es una característica de los estudiantes. Si se preguntará a los estudiantes cuántas veces por mes tienen relaciones sexuales y su respuesta es 3, 5, 6 u 8, entonces esas respuestas son los valores que la variable asume. Otro ejemplo serían las edades o los tamaños de los alumnos. Esos valores son también llamados datos, es decir, manifestaciones

empíricas de la variable que nos interesa. El total o conjunto de esos valores o datos se llama distribución de valores. Esa distribución de valores o datos que puede ser ordenada y representada en tablas o gráficas es procesada en la evaluación con los diversos métodos estadísticos que permiten entender más profundamente su significado, que su simple contemplación o descripción.

Cuando las variables no son cuantitativas sino cualitativas (nominales u ordinales), los datos que se obtienen se denominan modalidades. En particular, si la variable cualitativa fuera “estado civil” sus modalidades serían: casado, soltero, divorciado, unión libre, etcétera. Las cualitativas se dividen en nominales y ordinales y las cuantitativas en variables de intervalo y de razón. Las cuantitativas pueden expresarse numéricamente, las cualitativas no. Variables cuantitativas pueden ser discretas o continuas. Cuando son discretas sólo se pueden contar y únicamente toman valores enteros (números naturales); no pueden tomar valores intermedios entre dos consecutivos fijados (2, 3, 4 niños). Cuando son continuas pueden medirse, subdividirse y asumir cualquier valor (números reales) dentro de su rango de variación (temperatura, presión sanguínea). A veces se organizan los datos (valores de la variable) en clases o intervalos, según algún criterio de secuencia. Las clases no deben ser demasiado pequeñas (ocultan las diferencias) ni demasiado grandes (fragmentan el fenómeno). Se determinan según el fenómeno de investigación y los intereses de conocimiento.

En su clásica obra sobre los niveles de medición (On the theory of scales of measurement, 1946), el psicólogo Stanley Smith Stevens afirma que toda medición en ciencias utiliza uno de cuatro tipos de escala que él denominó “nominal”, “ordinal”, “interval” y “ratio”, y que cada una de esas escalas permite solamente determinados procedimientos estadísticos.

La escala nominal o categorial asigna nombres a los fenómenos que no tienen un orden inherente o de rango según determinadas propiedades (características), como por ejemplo nacionalidades, género, marcas de coche y color de ojos. Se trata de un ordenamiento de fenómenos cualitativos que no se puede expresar numéricamente y que muchos científicos no aceptan como procedimiento o “escala de medición”. Según Stevens la estadística

aplicable en este procedimiento es el modo y la χ-cuadrada.

La escala ordinal asigna, como dice su nombre, un orden de rango o jerarquía (gradación) a los fenómenos analizados (primero, segundo, tercero...; bueno, regular, malo). Un ejemplo es la escala de dureza de los minerales, creada por el geólogo alemán Friedrich Mohs (1773-1839). La escala de Mohs de dureza de los minerales va desde 1 hasta 10. El diamante se encuentra en la cima de la escala, con una dureza de 10, el talco es el más blando, con una dureza de 1. Un mineral (o metal) de una cierta dureza rallará a otro mineral (metal) de dureza inferior. Por ejemplo con la uña del dedo (2) se puede rallar un mineral de talco (1) y con un vidrio (5) un mineral de calcita fluorita (4). Esa escala da una jerarquía, un orden de dureza comparativa de los elementos, sin medir propiamente su dureza. Los tableros con información de los equipos de futbol de una liga, de las preferencias electorales o de los ganadores y perdedores de una carrera de caballos son otros ejemplos. Stevens criticó que muchas de las escalas utilizadas por psicólogos eran ordinales y que, por lo tanto, no deberían usar medias y desviaciones estándar que impliquen un conocimiento más allá del orden relativo de los datos. Sin embargo, se pueden usar los percentiles, y las tendencias centrales pueden expresarse con la mediana y la moda (el modo) estadística.

La tercera escala de medición es la de intervalos que mide cantidades y permite el uso de medias, desviaciones estándar, correlaciones, regresiones y varianzas. La escala de temperatura de Celsius en la cual la unidad de medición es 1/100 de la diferencia entre el punto de ebullición y el punto de deshielo, es un ejemplo. Con esas variables de intervalo se pueden usar valores negativos y la tendencia central de la variable puede medirse con la media aritmética, el modo y la mediana. El punto cero es definido por consenso (arbitrariamente), es decir, no significa la ausencia de la propiedad (atributo) de la variable.

La cuarta escala de medición la forman las variables de razón (ratio) que se prestan mejor para el análisis estadístico. Se trata de variables cuantitativas que permiten la aplicación de todas las medidas estadísticas, es decir, para la tendencia central de la variable, la media aritmética, geométrica, el modo y la mediana, y

en cuanto a las medidas de dispersión, además de las escalas de intervalo, los coeficientes de variación, la prueba t de Student y los logaritmos. El punto cero en estas escalas no es arbitrario, como en la escala de temperatura de Kelvin que se basa en el punto del cero absoluto (igual a -273.15 Celsius), donde las partículas de la materia tienen cero energía cinética.

Una vez que se haya tomado la decisión de aplicar una muestra representativa a una población determinada se necesita controlar, conscientemente, los factores que influirán en la calidad de los resultados de la encuesta: 1) la calidad de la selección de la muestra, que tiene que ser aleatoria; 2) el tamaño de la muestra; 3) la calidad del diseño del cuestionario; 4) la calidad de la aplicación del cuestionario; 5) la calidad de la evaluación estadística de los resultados; 6) la calidad de la interpretación final de los resultados.

4.4 DISEÑO DE MUESTRA Y ENCUESTA REPRESENTATIVAS

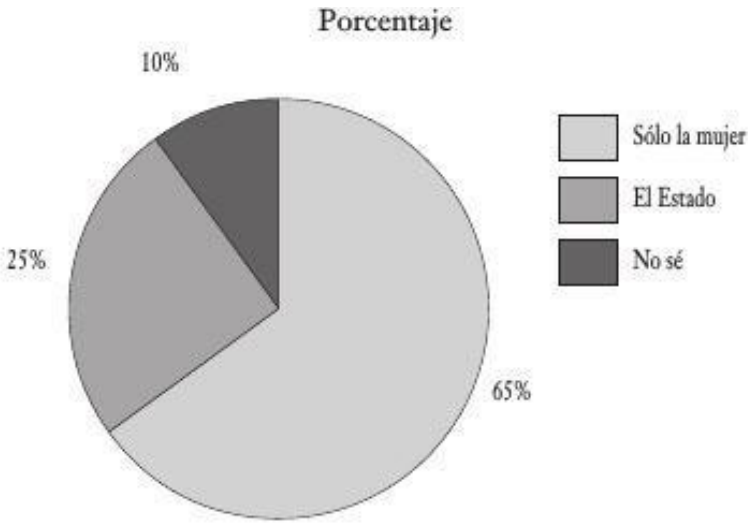
Agustín Porras

4.4.1 Función de la muestra representativa

Tal y como ya adelantamos, se hace una muestra representativa sobre un universo o una población humana con el fin de conocer las características de este universo, tales como los diferentes tipos de ingreso en la población, el género, las edades y las afiliaciones políticas, cuando no se está en condiciones de hacer un censo, es decir, un levantamiento completo de esas características. Cuando se realiza alguna medición de esas características, como puede ser el ingreso promedio o el promedio de la edad, a esos valores calculados se les llama parámetros del universo (N).

Cuando el tema de investigación de un estudiante consiste en indagar el pensamiento de los 40 000 estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) sobre el derecho al aborto, la variable de investigación que le interesa a ese alumno es, por lo tanto, “derecho al aborto”. Consideraremos también que hace cinco años se hubiera hecho un censo en la UAM sobre ese mismo tema y que la distribución de valores de la variable (respuestas a la pregunta respectiva, “¿Quién debe tener el derecho al aborto?”) expresados en porcentajes son los que muestra la siguiente gráfica. (El ejemplo es hipotético.)

Opinión de los estudiantes de la Universidad Autónoma Metropolitana sobre el derecho al aborto, 2005



La tarea a resolver por el estudiante consiste en averiguar, mediante una muestra representativa, la distribución real de los valores de la variable del universo, aceptándose un margen de error estadístico conocible y razonable. Luego entonces, ¿Cómo debe proceder el alumno para resolver la tarea y la investigación?

4.4.2 Media aritmética y varianza en la muestra

En el análisis de los fenómenos sociales se utilizan dos tipos de datos: los que se llaman ciertos porque se refieren a universos o conjuntos completos de individuos, como pueden ser los censos de población, y datos inciertos que provienen de muestras probabilísticas en las que se obtiene información de sólo una parte muy pequeña del conjunto o universo. En ambos casos el análisis estadístico de los fenómenos sociales, en un primer nivel de medición, se refiere a medidas de tendencia central, como la media, y a medidas de dispersión, como la varianza. Los dos tipos de medida son necesarios —como explicamos más adelante— para calcular el tamaño de muestra representativa. Por lo tanto, se debe conocer: la media del universo M, que es el valor promedio de la característica socioeconómica o demográfica en el universo; s^2, la

varianza de la característica en el universo; t^2, valor de t en una curva normal estándar para obtener determinada probabilidad, que se lee en tablas de la curva normal, y la diferencia al cuadrado $(- M)^2$ que se postule como deseable (por ejemplo, 5%, 1%, etcétera) al sacar la muestra, y a esta diferencia se le llama el nivel de precisión que queremos con determinado tamaño de muestra. Si no se conoce el valor de M y de la varianza de la característica en el universo, hay que procurar esos datos mediante estudios piloto.

La interpretación de estas mediciones es diferente en universos o conjuntos completos y en muestras probabilísticas. Los datos ciertos de censos no están sujetos a errores probabilísticos. En cambio, los datos de muestras probabilísticas sí están sujetos a errores, que son atribuibles a su naturaleza matemática. En otras palabras, su representatividad depende, además de la selección aleatoria de la muestra, del tamaño de la muestra que viene determinado por el porcentaje de error considerado, la varianza y el nivel de probabilidad, de acuerdo con la función matemática que se utiliza, como pueden ser la curva normal y la distribución binomial. Es en este sentido que en estadística inferencial se consideran los conceptos de población y muestra.

Las medidas de tendencia central (media) y varianza en el universo se llaman parámetros y en la muestra medidas estadísticas. Se considera que los estadísticos calculados en una muestra probabilística en realidad son estimaciones que se hacen de los parámetros del universo con cierto grado de representatividad. A partir de estas consideraciones tenemos que establecer la diferencia entre la media y la varianza en un universo, así como entre la media y la varianza en una muestra probabilística, comenzando con una breve definición de ambos conceptos.

La media o promedio aritmético es la suma de todos los valores de la característica o atributo que se estudia; por ejemplo, la edad, dividida por el total de elementos o miembros del universo.

$$x = \frac{\sum X_i}{N}$$

La varianza es la suma de las desviaciones o diferencias de los valores respecto a su media, elevadas al cuadrado, dividida por el tamaño del universo (N).

$$\text{Varianza} = \frac{\sum (X_i - \bar{x})^2}{N}$$

La media y la varianza en el universo son parámetros, es decir, constantes que no tienen variación alguna. En cambio, la media y la varianza calculadas con los elementos de una muestra probabilística varían de una muestra a otra; las muestras son independientes una de otra. Al considerar que existe una cantidad muy grande de muestras de tamaño n, que pueden extraerse de un universo de tamaño N, se genera la pregunta: ¿De qué forma varían estas mediciones en la multitud de muestras de tamaño n? La respuesta es que las medias muestrales varían como una curva normal con una media, que es igual a la media del universo estadístico. La curva normal se llama también distribución normal, distribución de Gauss o campana de Gauss, y se refiere a una distribución de

probabilidad de variables continuas, que con gran frecuencia se presenta en la realidad natural y social; en efecto, su forma es la de una campana. La varianza de la media muestral es la misma del universo, pero dividida por n.

4.4.3 Requisitos matemáticos de la representatividad: selección y tamaño

Para que una muestra probabilística sea representativa debe cumplir con dos requisitos fundamentales. El primer requisito se refiere al método de selección de la muestra. Éste debe ser aleatorio —al azar, es decir respondiendo a una función probabilística, no a sistemas erráticos o subjetivos de selección— en cuanto a la selección de las unidades (individuos) de muestreo, en el sentido de que todos los individuos o miembros de una población tengan la misma probabilidad e independencia (uno del otro) de ser seleccionados en la muestra. En este tipo de encuestas o muestras las unidades de muestreo (unidades estadísticas) pueden ser los individuos de una población específica o las viviendas de una determinada área geográfica; por ejemplo, dentro de las viviendas se entrevista a sus ocupantes.

Existen varias formas para elegir o seleccionar con igual probabilidad e independencia a individuos de un universo o población: a) el muestreo simple aleatorio; b) el muestreo aleatorio sistemático; c) el muestreo aleatorio estratificado. En cualquiera de las tres formas de selección el procedimiento se realiza en una etapa; es decir, se define 1) los individuos o miembros del universo (unidades estadísticas) conforme a las hipótesis que se pretenden verificar y 2) se selecciona, al azar, el número de individuos que indica el tamaño de muestra.

El segundo requisito para la representatividad estadística de una muestra es que su tamaño sea lo suficientemente grande para reflejar de modo adecuado las características del universo que le interesan al investigador. En términos estadísticos, el tamaño de la muestra depende de tres factores: 1) la confiabilidad de los resultados de la muestra; 2) la precisión de estos resultados, o sea, de la media muestral, y 3) la varianza de la característica

socioeconómica fundamental de muestreo.

4.4.3.1 Selección aleatoria

4.4.3.1.1 Encuesta por muestreo aleatorio simple

En el muestreo aleatorio simple se debe contar con un listado de todos los individuos o miembros del universo enumerados de 1 a N, siendo N el tamaño del universo. Para seleccionar una muestra de tamaño n del universo N se escogen los individuos de acuerdo con una tabla de números aleatorios. Como ejemplo, si una universidad tiene 980 estudiantes y queremos seleccionar una muestra de tamaño 150 (el tamaño de 150 lo determinamos con base en los criterios de la muestra que se discuten más adelante), entonces debemos contar con un listado de los 980 estudiantes enumerados de 1 a 980.

Tales listados deben indicar el nombre y la adscripción del estudiante, de manera que cuando sea seleccionado al azar se le localice para realizar la encuesta. Al consultar la tabla de números aleatorios se toman números de tres dígitos, ya que el número más grande de nuestro universo es 980. En esta tabla aleatoria el primer estudiante seleccionado sería el 100, el segundo el 375, el tercero el 84, el cuarto el 128, el quinto el 660, y así sucesivamente hasta completar 150 estudiantes que es el tamaño de muestra requerido.

Otro ejemplo puede ser una muestra de hogares, tomada al azar, en el lugar en donde se encuentren las viviendas: un barrio o colonia de una ciudad, o en un pueblo o localidad de aproximadamente 50 mil habitantes. En ese barrio es necesario elaborar un listado de viviendas de cada una de las manzanas que lo componen. Si suponemos que el barrio o colonia tiene 400 manzanas y en promedio cada manzana tiene 35 viviendas, entonces se deberán contar y enumerar 14 mil viviendas. En cada vivienda se entrevistaría al jefe o jefa del hogar. Si el tamaño de muestra requerido es de 400 jefes del hogar, necesitaríamos seleccionar al azar 400 viviendas del listado elaborado de viviendas de la 1 a la 14 000. Esta selección se haría a través de una tabla de números aleatorios.

Estas tablas presentan múltiples combinaciones de números extraídos al azar. A partir de cualquier renglón o columna se toman números de tantos dígitos como el mayor que representa el tamaño del universo. Por ejemplo, si el universo es de 10 miembros la selección en la tabla requiere de dos dígitos; si el universo es de 100 se requiere de tres; si es de 1 000 cuatro dígitos, y así sucesivamente.

Estos números aleatorios se hacen corresponder con los números que tienen los individuos o miembros en el listado del universo y se toman tantos como indica el tamaño de la muestra. La ventaja principal del muestreo aleatorio simple es que se aplica en poblaciones pequeñas en las cuales es posible elaborar el listado de individuos o miembros del universo.

4.4.3.1.2 Encuesta por muestreo aleatorio sistemático

En el muestreo aleatorio sistemático se debe contar también con un listado de los individuos o miembros del universo numerados de 1 a N (tamaño del universo). Si previamente se determinó el tamaño de muestra requerido, entonces calculamos el siguiente número: N/n. En el ejemplo de los estudiantes este número sería 980/150 = 6.5; a este número se le llama coeficiente de elevación y quiere decir que se toma al azar un número menor a 6 (porque no se puede usar fracciones), por ejemplo el 3. Así, el primer individuo o miembro seleccionado del listado sería el número 3. A este número se le suma el coeficiente de elevación y tendríamos el segundo individuo seleccionado que sería 3 + 6 = 9; el tercero sería igual al segundo más el coeficiente de elevación 9 + 6 = 15, y así sucesivamente, 21, 27, 33, etcétera, hasta completar el tamaño de la muestra.

El único inconveniente que presenta este método es que si el orden en el listado se elaboró con algún criterio determinado se pueden introducir sesgos en la selección, de tal manera que la selección sistemática recaiga en individuos que no son representativos de la heterogeneidad del universo. Por ejemplo, en listas de 20 individuos en que los primeros 10 son hombres y las 10 últimas mujeres, si el coeficiente de elevación fuera 20 siempre saldrían sólo hombres o

sólo mujeres, pero no habría posibilidades de que en la muestra estuvieran representados ambos sexos (véase, Jacinto Rodríguez O., Métodos de muestreo, Centro de Investigaciones Sociológicas, Madrid, 1991, p. 26). Para eliminar este sesgo es necesario elaborar un nuevo listado siguiendo otro orden u otro criterio que garantice la selección al azar. En el ejemplo, seguir con un criterio en que los sexos aparezcan más alternados.

4.4.3.1.3 Encuesta por muestreo aleatorio estratificado

En el muestreo aleatorio estratificado se subdivide al universo en estratos de acuerdo con cierto criterio de estratificación y se reparte el tamaño de muestra en cada estrato según su peso en el universo total. La conveniencia de estratificar al universo radica en formar estratos más homogéneos, con lo cual se reduce notablemente la varianza dentro de los estratos y por lo tanto disminuye el tamaño de muestra requerido en cada estrato. Esto facilita el análisis en cada estrato ya que la muestra es representativa del estrato. Los criterios de estratificación utilizados deben estar relacionados con las variables fundamentales del estudio.

Así, en una encuesta de comportamiento político de la población mayor de 18 años es conveniente estratificar a la población de determinada área geográfica de acuerdo con sus niveles de ingreso y además formar estratos altos (mayor de 10 salarios mínimos), medios (entre 5 y 10 salarios mínimos), bajos (entre 2 y 5 salarios mínimos) y muy bajos (menos de 2 salarios mínimos). Después se reparte el tamaño de muestra de acuerdo con el peso de cada estrato o se calcula un tamaño de muestra para cada estrato. En cada estrato se seleccionan al azar, por muestreo aleatorio simple, los individuos de la muestra representativa que haya sido determinada.

En una universidad se puede estratificar a los estudiantes de acuerdo con sus niveles de ingreso familiares y seleccionar una muestra aleatoria en cada estrato de ingreso. La muestra total es representativa del universo y la muestra en cada estrato

representativa de ese estrato.

4.4.3.2 Determinación del tamaño de la muestra en general

Como se ha señalado antes, el otro eje básico en que se fundamenta la representatividad de una muestra es la determinación de su tamaño. Para determinar el tamaño de muestra (n) siempre se considera una sola característica de los individuos que componen el universo o población total. Esa característica puede ser socioeconómica o demográfica; como ejemplo, el ingreso de las personas, la escolaridad, la edad, el sexo, etcétera. Siempre se escoge una característica que esté relacionada con las variables que se consideran en el estudio y que dan origen a las preguntas del cuestionario que se aplica en la encuesta. Esta característica se llama característica fundamental de muestreo. Es una variable socioeconómica porque en el cálculo del tamaño de la muestra intervienen la varianza y el error de muestreo, que es la media del universo menos la media que se pretende calcular con la muestra, al cuadrado. Entonces, sólo se puede calcular el tamaño de la muestra con una sola variable, que es, estratégicamente hablando, una característica o un atributo del universo, que está relacionado con las otras variables del cuestionario que se refieren al fenómeno de estudio.

Por lo común se utiliza la edad promedio del universo o también la proporción de géneros, por la razón de que estos datos están generalmente disponibles. Cuando no hay datos disponibles sobre la característica fundamental de muestreo se hace una estimación subjetiva razonable o un estudio piloto con una muestra probabilística mucho más pequeña (alrededor de 150 casos), según el método de Student o la tabla en la cual están calculados los tamaños de muestra para distintos porcentajes de error y varianza binomial.

Si designamos como n el tamaño de muestra y como N el tamaño del universo, entonces es posible obtener un número grande de muestras distintas, tantas como combinaciones de N en n, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Total de muestras} = \frac{N!}{(N - n)!\, n!}$$

Ejemplo numérico:
N factorial (N!) = producto de los N primeros enteros
N = 15; n = 7, entonces:

$$\text{Total de muestras} = \frac{15!}{(15 - 7)!\, 7!} = \frac{15 \cdot 14 \cdot 13 \cdot 12 \cdot \ldots \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1}{(8 \cdot 7 \cdot 6 \cdot \ldots \cdot 2 \cdot 1)(7 \cdot 6 \cdot \ldots \cdot 2 \cdot 1)}$$

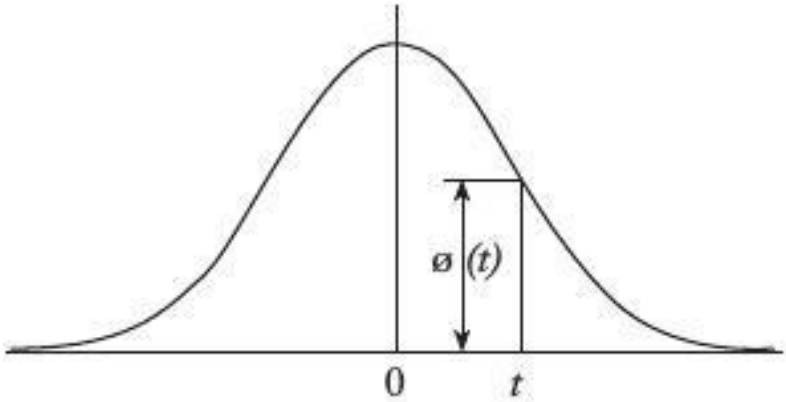
En las distintas muestras de tamaño n que se pueden seleccionar se obtienen valores de la característica fundamental de muestreo que se haya escogido. De esta manera, el valor promedio (prome-dio aritmético) de la característica en cada muestra distinta (1, 2, 3... n) va a ser igual, mayor o menor que el valor promedio de la característica (M) en el universo.

Se denomina al promedio de la característica en la muestra y M al promedio de la característica en el universo. Como varía en cada muestra posible, su variación es aleatoria igual que una curva normal estándar o “campana de Gauss”, entonces:

(1)

Donde s = desviación estándar; es decir, la estandarización de a una curva normal estándar con media = 0 y varianza = 1.

Como ya se ha explicado, el comportamiento de muchos fenómenos reales puede ser interpretado adecuadamente con este modelo matemático, en el que hay valores inferiores y otros superiores a la media aritmética, pero donde la mayoría se agrupa cerca de la media, en una distribución simétrica de valores de ambos lados del cénit de la curva.



Despejando n de la ecuación anterior (1) se obtiene lo siguiente:

(2)

Donde ta es el valor de la curva normal estándar para el cual se postula una probabilidad, que llamamos el nivel de confiabilidad, y se refiere a la probabilidad de que el valor de esté muy cercano a M (valor promedio en el universo); donde s^2 es la varianza de la característica en el universo.

Como puede observarse en la ecuación (2) el tamaño de muestra n depende de tres factores: 1) del nivel de confiabilidad t^2; 2) de la varianza de la característica en el universo, y 3) de la diferencia al cuadrado que deseamos que ocurra al sacar la muestra entre el valor promedio muestral y el valor promedio en el universo, de la característica fundamental de muestreo, la precisión.

Quiere decir que, para calcular el tamaño de muestra representativa, necesitamos conocer la media del universo M (valor promedio de la característica en el universo); s^2, la varianza de la característica en el universo; t^2 es el valor de t en una curva normal estándar para obtener determinada probabilidad, valor que se lee en

tablas de la curva normal y la diferencia al cuadrado $(- M)^2$ que postulamos como deseable (por ejemplo: 5%, 1%, etcétera) al sacar la muestra; esta diferencia se llama el nivel de precisión que queremos con determinado tamaño de muestra.

Ejemplo: si queremos calcular el tamaño de muestra suficiente n en un universo de estudiantes, sin importar su tamaño, y si tomamos como característica fundamental de muestreo la edad, tenemos lo siguiente:

-

$M = 22.5$ Edad promedio en el universo; este valor
$s^2 = 16$ Varianza de la edad en el universo.
$t = 1.96$ Valor de la curva normal para obtener un
$t^2 = 3.84$
$- M = 0.675$ es 3% de M; $0.03(22.5) = 0.675$
$(- M)^2 = 0.455625 =$ correspondiente al nivel de precisión de 3%

Al sustituir estos valores en la fórmula (2) obtenemos:

$$n = \frac{(3.84)\,(16)}{(0.675)^2} = \frac{61.44}{0.455625} = 135$$

Para generalizar los resultados de la muestra al universo total con un margen de probabilidad de 95% y lograr que la media muestral, edad promedio en la muestra, no difiera de la edad promedio en el universo en más de 3% (precisión), necesitamos un tamaño de muestra de 135 estudiantes, que tenemos que seleccionar al azar mediante muestreo simple aleatorio, tal como se señaló antes.

Puede ocurrir que la característica fundamental de muestreo que nos interese sea el sexo, es decir, una variable binomial. En este caso, tomamos la proporción de sexos existente en un universo.

Al considerar un universo o población total en que la proporción de hombres es 70% y la de mujeres 30%:

P = 0.70	Proporción de hombres
(1-P) = 0.30	Proporción de mujeres

En el caso de proporciones la varianza es igual a:

$$P(1 - P) = (0.7)(0.3) = 0.21$$

Si postulamos el 95% de probabilidad, como en el caso anterior, entonces: $t = 1.96$ y $t^2 = 3.84$. Se toman estos valores (t y t^2), que corresponden a una curva normal, de una "tabla de áreas bajo la curva normal estandarizada", bajo la consideración de que una curva binomial se aproxima a una curva normal.

Si el porcentaje de precisión es 5% entonces la diferencia entre p (proporción de hombres que se estimará en la muestra) y P proporción de hombres en el universo será:

$$p - P = 0.05 \cdot P = 0.035$$

$$(p - P)^2 = 0.001225$$

$$n = \frac{t^2 P(1 - P)}{(p - P)^2} = \frac{3.84(0.21)}{0.001225} = \frac{0.8064}{0.001225} = 658$$

Necesitaríamos 658 individuos seleccionados al azar para que con 95% de confiabilidad nuestra estimación p en la muestra no difiera en más de 5% de la proporción P en el universo; es decir, esperaríamos en la muestra una proporción p de hombres de entre 0.665 y 0.735, o sea, entre 66.5 y 73.5%.

Las demás proporciones estimadas en la muestra por medio de las preguntas del cuestionario tendrían un margen de precisión del 5%.

Podríamos generalizar a toda la población las proporciones encontradas en la muestra con un margen de error no mayor al 5%, es decir, por encima o por debajo de la estimación. Por ejemplo, mediante esta encuesta investigaríamos la proporción de individuos a favor o en contra de determinada propuesta de política universitaria. Si en la muestra aparece que 70% está a favor entonces, con una confiabilidad de 95%, esperaríamos que la

población total estudiada esté a favor en un porcentaje entre:

0.7 (0.05) = 0.035%

0.7 + 0.035 = 0.735 = 73.5%

0.7 - 0.035 = 0.665 = 66.5%

Como puede observarse, el tamaño de muestra no depende del tamaño de la población, sino de la varianza y la precisión que postulemos de la característica fundamental de muestreo que hayamos escogido. Para determinar el tamaño de muestra es necesario contar con la media y la varianza de la característica socioeconómica o demográfica en el universo o población total de estudio. Si no se dispone de estas medidas y no se puede hacer un estudio piloto, entonces determinar el tamaño de la muestra para este tipo de universo en 150 a 200 miembros del universo.

4.4.3.3 Muestras de tamaño pequeño: la prueba "t" de Student

En una muestra probabilística se estiman los parámetros del universo. Esto se hace calculando la media y la varianza con los datos de la muestra, y comparando el valor calculado de ambas medidas con los datos muestrales, con el valor que muestran las tablas de una distribución de probabilidad. Con ello se sabe si los datos muestrales son de carácter aleatorio —es decir, que correspondan a funciones matemáticas de probabilidad— o son datos de naturaleza errática o subjetivista.

Para calcular estadísticas (media y varianza) con muestras de tamaño pequeño se usa la distribución de probabilidad "t" de Student. La tabla de la distribución de esa probabilidad permite la evaluación de las desviaciones en términos de errores estándar (desviaciones estándar calculadas con los datos de la muestra) de muestras de varios tamaños. Como ejemplo, si se quiere saber si la diferencia entre dos medias es estadísticamente significativa,

entonces se divide esa diferencia o desviación entre un error estándar calculado con los datos de la muestra y se obtiene un valor de “t” como base para una prueba de significación. El valor de “t” se lee en las tablas para un determinado tamaño de muestra.

Otro ejemplo: Se quiere probar el nivel de significación de la diferencia entre dos medias con base en una muestra probabilística; la diferencia es de 12 y el error estándar es de 3; el tamaño de muestra es de 14. Dividimos la diferencia entre el error estándar que es 3 y el resultado es un valor de “t” calculado de 4. Esto se compara en una tabla de “t” con tamaño de muestra de 14, siendo el valor de “t” con una probabilidad de 0.05, de 2.14. Esta probabilidad de 0.05 corresponde a un nivel de confiabilidad de la muestra de 95%, lo que significa que de cada cien casos, noventa y cinco son confiables. Evidentemente, el valor obtenido con los datos de la muestra que fue de 4, es mayor; lo que nos indica que con ese nivel de probabilidad no podemos asegurar que la diferencia entre las dos medias se debe estrictamente al azar (es probabilístico). Con un nivel de probabilidad de 0.01, o sea uno de cada 100 casos, podemos asegurar que la diferencia entre las dos medias se debe al azar, porque en ambos casos el valor de “t” en la tabla es menor que 4. Si queremos asegurar una muestra que nos mida significativamente esta diferencia, tenemos que aumentar el tamaño de la muestra.

La distribución “t” de Student proporciona una solución al problema de estimar la media de una distribución normal cuando el tamaño de la muestra es pequeño y para la construcción de intervalos de confianza. En otras palabras, cuando se tiene que estimar la desviación estándar de una población estadística desde una muestra. La fórmula que se puede utilizar para tal cálculo es:

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{(1 - \rho^2)/(n - 2)}}$$

Es en este sentido que podemos usar una tabla de “t” de Student para calcular tamaños de muestra pequeños que nos permitan evaluar la confiabilidad a determinados niveles de probabilidad. (véase, Tables for Statisticians, de Herbert Arkin y Raymond R. Colton, Barnes and Noble, Estados Unidos, pp. 13-14 y tabla 12, p. 121).

Tabla de t*

Degrees of freedom	*Probability*				
	0.5	0.1	0.05	0.02	0.01
11	0.697	1.8	2.2	2.72	3.11
12	0.695	1.78	2.18	2.68	3.06
13	0.694	1.77	2.16	2.65	3.01
14	0.692	1.76	2.14	2.62	2.98
15	0.691	1.75	2.13	2.6	2.95
16	0.69	1.75	2.12	2.58	2.92
17	0.689	1.74	2.11	2.57	2.9
18	0.688	1.73	2.1	2.55	2.88
19	0.688	1.73	2.09	2.54	2.86
20	0.687	1.72	2.09	2.53	2.84

* C.H. Goulden, Methods of statistical analysis (Nueva York: John Wiley & Sons, 1939).

4.4.4. Muestra de control de calidad mediante la distribución de probabilidad binomial

En estadística inferencial la distribución de probabilidad binomial es una distribución discreta que mide el número de éxitos en una secuencia de “n” ensayos independientes de Bernoulli, con una probabilidad fija “p” de ocurrencia del éxito entre los ensayos. Cualquier fenómeno de naturaleza dicotómica: hombre-mujer, éxito-fracaso, bueno-defectuoso, a favor o en contra de determinado fenómeno, etcétera, puede ser tratado con una distribución binomial.

Si lanzamos una moneda al aire los dos posibles resultados son águila o sol, quiere decir que la probabilidad fija “p” en una distribución binomial es $p = 1/2$; la probabilidad complementaria es $q = 1/2$, de tal manera que la suma es uno. Por lo que se cumple con los axiomas de probabilidad que definen una función matemática de probabilidad, a saber, que la suma de todas las probabilidades asignadas a los eventos posibles es igual a uno. En cualquier fenómeno dicotómico en el que no necesariamente $p = q$, puede ocurrir que $p = 1/3$ y $q = 2/3$, $p = 1/100$ y $q = 99/100$, etcétera.

En un universo completo p y q son parámetros del universo; por ejemplo, la proporción de sexos en una población de acuerdo con un censo de población. En una muestra probabilística obtenida al azar (que todos los elementos de un universo tengan las misma probabilidad de ser seleccionados) la proporción “p” puede variar de una muestra a otra y estar muy cerca o muy lejos del parámetro del universo, dependiendo del tamaño de la muestra y de la varianza de p.

La probabilidad “p” calculada con la distribución binomial, que veremos más adelante, indica lo que esperaríamos que ocurriera en una muestra aleatoria probabilística de ensayos independientes. Si se trata de una moneda en una serie de tiradas $n = 100$, esperaríamos que la frecuencia de águilas o soles fuera cercana a 50 porque $p = 1/2 = 0.5$. Obviamente pueden ocurrir 46 o 48 soles, etcétera, pero el resultado sería siempre cercano a 50, que es la frecuencia exacta que corresponde a $1/2 = 0.5$. Alguien que jugara

a los volados con otra persona no esperaría ni ganar ni perder, sino que siempre estaría muy próximo a un empate.

Ahora bien, ¿cómo se mide esa probabilidad “p” cuando se trata de $n > 1$? Es decir, ¿si en lugar de tirar una moneda al aire sólo una vez, repetimos el experimento más veces? ¿O si tiramos varias monedas al aire? Este procedimiento es diferente a la toma de una muestra al azar, tal como lo expresamos antes, de un sólo experimento, o sea de una moneda. Podemos definir entonces que la distribución de probabilidad binomial se refiere a pruebas repetidas e independientes de fenómenos dicotómicos con probabilidad “p” de ocurrencia.

La distribución de probabilidad binomial se plantea de manera sencilla tomando como base el desarrollo del binomio $(a+b)$ a la potencia n; por ejemplo:

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3$$

$$(a+b)^3 = \sum_{k=0}^{n} \binom{3}{k} b^k a^{3-k}$$

Si hacemos $a = p$ y $b = q$ tenemos la fórmula de la binomial y la suma vale 1 porque $p + q = 1$, y cada sumando representa la probabilidad de observar exactamente x éxitos en pruebas repetidas e independientes de n repeticiones. La función de probabilidad es:

$$f(x) = C_x^n \, p^x \, q^{(n-x)}$$

Ejemplo: si tenemos 3 monedas la probabilidad de observar

exactamente 0 águilas sería: $C^3 0\ p^0\ q(3-0) = 1 \times 1 \times (1/2)^3$; o sea, 1/8. De igual manera, la probabilidad de observar exactamente un águila sería: $C^3 1\ (1/2)^1\ (1/2)^2 = 3/8$ y así sucesivamente. Tendríamos, entonces, lo siguiente:

P(0) = 1/8 ; p(1) = 3/8 ; p(2) = 3/8 y p(3) = 1/8, la suma de estas probabilidades vale 1.

Hay que aclarar que la combinación de n en x es:

$$C_x^n = n!/x!\ (n-x)!$$
$$n! = n \times (n-1) \times (n-2) \times (n-3) \ldots \ldots \times 3 \times 2 \times 1$$

Así que n puede ser muy grande y x variar desde cualquier valor entero positivo por pequeño que sea, siendo q el complemento a uno. Por ejemplo, la proporción P de artículos defectuosos que se producen en una fábrica durante un día de producción se calcula en 0.01. Dado que P + Q = 1, entonces la proporción Q de artículos buenos es de 0.99. P = 0.01 es el parámetro del universo.

Para controlar la calidad en el proceso productivo durante un día de producción, cuyo tamaño puede ser de 10 000 artículos, no se procede a revisar todos los artículos producidos. Se pueden tomar lotes de 300 artículos y en estos seleccionar una muestra probabilística de un tamaño pequeño, por ejemplo 40 artículos, y probarlos para estimar la proporción de defectuosos que se observan en la muestra. Si la proporción de defectuosos en la muestra es mayor que lo esperado, de acuerdo con el nivel de probabilidad postulado, entonces se rechaza el lote completo por no cumplir con los estándares de calidad que se habían establecido. A saber, no más de 0.01 de defectuosos que es la proporción que se determina en el universo.

En la distribución binomial se pueden considerar sólo tres juicios probabilísticos. Para nuestro ejemplo serían:

1) La probabilidad de observar exactamente 0, 1, 2... hasta 40 defectuosos, que corresponde a las probabilidades calculadas F(x) en la

tabla que se presenta más adelante.

2) La probabilidad de observar al menos 0, 1, 2... hasta 40 defectuosos, es la probabilidad de observar 0 defectuosos, más 1 defectuoso, más 2 defectuosos..., etcétera, hasta 40 defectuosos = 1.

Si consideramos al menos 1 defectuoso, es la suma de las probabilidades de 1 hasta 40; la probabilidad de observar al menos 2 defectuosos es la suma desde 2 defectuosos hasta 40 defectuosos.

3) La probabilidad de observar hasta 0 defectuosos es la probabilidad de observar 0 defectuosos; la probabilidad de observar hasta 1 defectuoso es la probabilidad de observar 0 defectuosos más la probabilidad de observar 1 defectuoso; la probabilidad de observar hasta 2 defectuosos es la suma de las probabilidades de 0 defectuoso más la probabilidad de observar 1 defectuoso, más la probabilidad de observar 2 defectuosos, y así sucesivamente hasta 40.

Con el ejemplo antes mencionado se calcula la probabilidad de acuerdo con la distribución binomial. Así construimos la tabla siguiente:

Tabla de valores para una distribución de probabilidad binomial

Proporción de artículos defectuosos en el Universo P = 0.01 y Q = 0.99 no
Tamaño de muestra n = 40 Probabilidades combinaciones de (n,x) Pˆx * Qˆn-x

x	F(x)	F(x) = probabilidad de obser
0	0.6689	
1	0.27	La probabilidad de observar a
2	0.0532	La probabilidad de observar a
3	0.0068	La probabilidad de observar a
4,5 etcétera hasta 40		

Si postulamos un nivel de probabilidad del 5% de ob

4.5. DISEÑO DEL CUESTIONARIO

Como el cuestionario es la base de toda encuesta es necesario invertir tiempo y esmero en su diseño. En el caso del novato es conveniente la asesoría de alguien que tenga experiencia en su diseño y aplicación. Los siguientes lineamientos básicos, si bien no pueden sustituir a la asesoría práctica, serán de utilidad para quien emprende el camino de la recolección de datos por cuestionario.

Formalmente podemos diferenciar el cuestionario en dos partes principales: la cabeza y el cuerpo. La cabeza deberá constar de los siguientes elementos: 1) la identificación del ente (persona, grupo o institución) que es responsable de la encuesta; 2) la fecha de la aplicación; 3) una breve información sobre la temática de la encuesta, aquí es importante qe se le dé a los encuestados la temática general, sin ponerle en condiciones de intuir o inferir cuáles son los intereses concretos de saber de la encuesta; 4) la aseveración del anonimato de los datos, reafirmada por la instrucción de que el encuestado no tiene que poner su nombre; 5) el agradecimiento por su cooperación, y 6) el instructivo que debe indicar dónde marcar las respuestas, así como el tiempo promedio de la resolución del cuestionario. Un ejemplo de una cabeza diseñada para una encuesta sobre sexualidad en la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco (UAM-X) puede servir de ilustración, véase el apéndice respectivo en este libro.

El cuerpo del cuestionario está compuesto por las preguntas. En la estructuración de éstas hay que tomar en cuenta la evaluación estadística que se realizará posteriormente, es decir, el proceso de codificación de las respuestas y de su evaluación con algún programa estadístico. A veces hay fuertes presiones de los matemáticos o también de la institución que encarga la encuesta para que en el mismo cuestionario se ponga de antemano la codificación a las respuestas de las preguntas cerradas o que la estructuración del cuestionario se haga conforme al criterio de la mayor funcionalidad para la evaluación estadística. Sin embargo, el investigador debe resistir a estas presiones, porque el cuestionario es, sobre todo, un medio para recabar información; cuando

eventuales deseos prácticos de la institución o de los técnicos de la evaluación puedan influenciar las respuestas de los encuestados, hay que mantenerse firme y rechazarlos, porque las particularidades del fenómeno de investigación deben decidir las propiedades del cuestionario. El científico social que diseña el cuestionario debe consultar a los matemáticos y técnicos especializados, pero las decisiones sobre el tipo de preguntas, la cantidad de preguntas, el lenguaje usado, la secuencia de preguntas, etcétera, las debe tomar él, pues es quien mejor conoce el fenómeno de investigación.

La cantidad de preguntas y su estructuración en el cuestionario están determinadas por los intereses de conocimiento del investigador; intereses que están formulados en las hipótesis o en el estudio piloto, en los enunciados propositivos, y por el universo a que se dirige. Supongamos que el estudioso tiene las siguientes hipótesis:

-

H1:	La mitad de los alumnos de primer ingres
H2:	El conocimiento formal de la temática se
H3:	La mayoría (más de 50%) de los alumnos
H4:	La mayoría (más de 50%) de las alumnas

Ante el alto grado de franqueza sexual de la juventud actual, la pregunta de verificación para la primer hipótesis podría ser: H1 P1: ¿Has tenido relaciones sexuales durante el año 2011?

Las hipótesis H2, H3 y H4 son más complejas que la H1, porque sus variables —"Conocimiento formal de temática sexual es deficiente" (H2); "Actitudes y nociones machistas" (H3); "Depender materialmente de su familia" (H4)— no pueden ser verificadas con la simple respuesta de sí o no del encuestado. La operacionalización o parametrización de estas variables es el procedimiento que se utiliza en dichos casos, para llevar adelante la formulación de las preguntas y la siguiente recolección de datos. Concretizar, operacionalizar o parametrizar un concepto (C) significa reducir su grado de abstracción o generalidad. Lo que se logra desglosando sus principales connotaciones (aspectos, significados) y expresándolas a través de parámetros (referentes, indicadores) empíricos medibles (i1 a in), que constituyen, a juicio del investigador, una adecuada equivalencia semántica-empírica del concepto sustituido.

En la hipótesis H2, por ejemplo, se podría operacionalizar la variable en cuestión, "Deficiente conocimiento formal de la temática sexual", con los siguientes parámetros empíricos (i1 a i6), que representan aspectos del conocimiento sexual y, por lo tanto, identifican aspectos del fenómeno de investigación. Por cada aspecto o indicador o parámetro se formula una pregunta propia:

H2 P1:	¿Qué significan las siglas SIDA ?
H2 P2:	¿Cómo se contagia el SIDA ?
H2 P3:	Explica qué significa fellatio
H2 P4:	Explica qué significa cunnilingus
H2 P5:	¿Cuáles son los días infértiles de la mujer
H2 P6:	¿A partir de qué mes muestra el feto activ

En la hipótesis H3 se concretaría la variable en cuestión, “Actitudes y nociones machistas”, con los siguientes indicadores empíricos (i1 a i6):

H3 P1:	¿Te gustaría que la mujer con quien te ca
H3 P2:	¿Por qué hay más hombres que mujeres e
H3 P3:	¿Qué sexo te gustaría que tuviera tu prim
H3 P4:	¿La violación justifica el aborto?
H3 P5:	Una amistad homosexual: ( ) me desprest
H3 P6:	¿Has manoseado a una mujer?

En la hipótesis H4 la parametrización de la variable “Depender materialmente de su familia”, puede llevarse a cabo con los siguientes indicadores (i1 a i5):

H4 P1:	¿Vives con tu familia?
H4 P2:	Si contestaste sí, ¿cuál es el motivo?
H4 P3:	¿Tu familia te apoya materialmente para
H4 P4:	Si contestaste sí, ¿en qué forma?
H4 P5:	¿Trabajas por una remuneración?
H4 P6:	Si contestaste sí, ¿cuál es tu ingreso neto

De esta manera tendríamos un total de 19 preguntas del cuestionario, diseñadas exclusivamente para la verificación de las cuatro hipótesis. A estas preguntas, destinadas a recolectar (levantar) los datos que motivan la encuesta y que, en rigor, son su razón de ser, se agrega otro tipo de preguntas dirigidas a recabar datos personales del encuestado, tales como: edad, sexo, estado civil, religión, grado escolar, etcétera. Estos datos también son importantes porque frecuentemente influyen en las respuestas a las preguntas de verificación, hecho por el que se prestan para hacer correlaciones y asociaciones estadísticas.

Con esos dos tipos de preguntas formulamos el cuestionario preliminar, donde se ve con claridad cuáles son las preguntas que corresponden a cada una de las hipótesis. Una vez que esté determinada la totalidad de las preguntas referentes a las hipótesis y a las personas que integrarán el cuestionario definitivo, hay que estructurar la secuencia de las preguntas. Es entonces cuando introducimos una tercera categoría de preguntas que bien podríamos denominar de distracción. Recuérdese que el encuestado no debe intuir o inferir los intereses concretos de conocimiento que el encuestador persigue con la encuesta, considerando que este conocimiento podría incidir sobre sus respuestas. De ahí que se pueden intercalar algunas preguntas cuyas respuestas no interesan al investigador, pero que sirven para no revelar las metas concretas del cuestionario. Otra ventaja de estas preguntas consiste en que le permiten al investigador hacer el cuestionario más ameno para el encuestado.

Por lo general se inicia un cuestionario con las preguntas que se refieren a datos personales, teniendo en cuenta que la posibilidad de responder a las primeras preguntas sin problemas le da al encuestado confianza de seguir. Después se mezclan las preguntas referentes a las hipótesis con las preguntas de distracción, para ponerlas en el orden más armónico y orgánico posible. Como en el diseño del cuestionario preliminar está especificado con absoluta claridad qué pregunta corresponde a qué hipótesis, no habrá ningún problema en la evaluación de los resultados. En la secuencia de las preguntas hay que evitar que el contenido o la formulación de una

pregunta n y su (previsible) respuesta incidan en la percepción y respuesta de la pregunta n + 1.

La formulación de las preguntas es de extrema importancia que sean claras, es decir, que su significado sea inmediatamente entendible. Si el encuestado comienza a preguntar sobre el significado de las preguntas, o de los conceptos, o si está obligado a reflexionar sobre ellas se pierde calidad de la encuesta, porque lo que se desea lograr es que las respuestas sean espontáneas, para que reflejen sus verdaderas opiniones y actitudes. Hay que evitar que construya respuestas "aceptables" para el encuestador o socialmente.

Para evitar que las preguntas o conceptos sean ambiguos es necesario conocer el discurso y el nivel de escolaridad y cultural de la población estadística a la que se aplicará la muestra o el censo. Sobre este conocimiento hay que formular con sensibilidad las preguntas y, siempre cuando sea posible, probarlas con miembros del universo o personas que tengan características semejantes a las del universo, en encuestas o entrevistas piloto.

Finalmente, las preguntas pueden ser abiertas, cerradas o combinadas. Preguntas abiertas son aquellas en las que el encuestado puede explayarse libremente en su respuesta; por ejemplo, ¿Por qué escogiste la carrera de ingeniería para tus estudios? En la pregunta cerrada las opciones de respuesta están predeterminadas por el cuestionario, marcando el encuestado simplemente la opción que le parezca correcta o adecuada (opción múltiple). Casi todas las preguntas del cuestionario del anexo 4 de esta Guía son de este tipo. Las preguntas combinadas, como indica su nombre, combinan las dos posibilidades, por ejemplo la pregunta "7" del cuestionario mencionado, la "10", la "36", etcétera. Por "batería de preguntas" se entiende aquellas que pretenden profundizar sobre la respuesta obtenida en la pregunta anterior.

La ventaja de la pregunta cerrada es que su respuesta es fácil de evaluar, porque se acepta tal cual es. La desventaja consiste en que, por lo general, no permite explorar con la misma profundidad y amplitud un tema como en la pregunta abierta. La desventaja de la pregunta abierta, en cambio, radica en que sus respuestas tienen que ser interpretadas y codificadas, lo que requiere de mucho

tiempo y de interpretadores bien capacitados. De tal manera que siempre que sea posible se procura evitar el uso de muchas preguntas abiertas en un cuestionario, excepto en el caso del estudio piloto en el que se pretende conocer más a fondo la población que será objeto de la muestra o del censo. De ser así se tiende a aceptar las dificultades que implican las preguntas abiertas, pues se supone que la información producida por ellas redundará en la calidad del cuestionario final. Un compromiso aceptable entre las ventajas y desventajas de ambos tipos de preguntas puede ser la pregunta combinada.

4.6 APLICACIÓN DEL CUESTIONARIO

En la aplicación del cuestionario ha de tenerse el mismo esmero que en los pasos anteriores. Es necesario que el profesor que supervisa la encuesta ensaye el procedimiento con los equipos de aplicadores.

El primer paso de la aplicación consiste en la formación de los equipos. Como el principiante no tiene experiencia en la aplicación es conveniente que el equipo aplicador conste de varias personas, dependiendo del tamaño de la población estadística y su probable grado de cooperación. Para un universo estadístico de diez a treinta personas debería haber al menos un equipo de dos encuestadores; para un universo de treinta a cincuenta se necesitarán tres encuestadores, y así sucesivamente. La composición sexual y de edad del equipo también es un factor a tomar en cuenta. Una persona de mayor edad tendrá generalmente más autoridad frente a un colectivo que una persona joven. Desde muchos puntos de vista es conveniente que en el equipo haya mujeres y hombres. Asimismo, ayuda a crear un clima de seriedad en la encuesta el que los encuestadores no vayan vestidos de manera muy casual.

El segundo paso consiste en el diseño del discurso que presentarán los encuestadores al universo estadístico. Si dentro del colectivo al que se aplicará la muestra se encuentra una persona con función superior (p. ej., un maestro dentro del grupo de alumnos), el discurso debe dirigirse primero a ella —explicándole lo que se pretende hacer y pidiéndole permiso— y después a los demás (alumnos). Si los subalternos no escucharon la parte explicativa del discurso dirigido al maestro hay que repetirla para ellos; a continuación hay que recalcar nuevamente la anonimidad de la encuesta y finalmente se termina con el instructivo que incluye las normas de comportamiento (que los entrevistados no hablen entre sí, que no hagan ruido, etcétera) y de contestación del cuestionario. Cuando la encuesta es una muestra, no un censo, hay que explicar brevemente qué son las tablas aleatorias y cómo fueron usadas en la selección de los individuos de la población estadística que entraron en la muestra. Es muy importante que el universo entienda este proceso aleatorio (al azar), para que no piense que hay algún

motivo no confeso en la selección de determinadas personas. Las personas que no entraron en la muestra deberán salirse del salón durante el tiempo de aplicación del cuestionario, porque si no se aburrirán y desconcentrarán a los que sí están contestando.

La función primordial del discurso y de la actuación del equipo consiste en convencer al colectivo encuestado que se puede confiar en la seriedad de la encuesta y de los encuestadores y que, por lo tanto, éstos merecen su apoyo y colaboración. La presentación del discurso debe hacerse de manera respetuosa, pero con claridad y seguridad, para no provocar preguntas y discusiones innecesarias del colectivo, incluyendo de la persona "superior". Por lo general no debe durar más de cinco minutos. Si alguien quiere discutir el cuestionario o los procedimientos hay que decirle que esto se podrá hacer después de haberse terminado la encuesta. En el discurso, como en la cabeza del cuestionario, es necesario evitar que se revelen los intereses específicos de conocimiento de la encuesta.

Al terminar con el discurso introductorio, y después de que salgan los miembros del universo que no entraron en la muestra, el equipo encuestador reparte los cuestionarios. Pero, muchas veces, los contestatarios están sentados tan cerca uno del otro que la promesa del anonimato que hacen los encuestadores, no tendrá efecto práctico. Aquí tocamos un elemento esencial del proceso: si no se garantiza realmente la confidencialidad de las respuestas, esas respuestas no serán verídicas sino convencionales. Cuando se presenta este problema de falta de espacio físico hay que llevar pequeñas casillas de cartón —que se fabrican fácilmente, engrapando dos folders tamaño oficio— que le dan al encuestado la privacidad necesaria.

Al iniciarse la repartición de los cuestionarios se pide a los miembros del colectivo que ya no hablen. Terminada la repartición de los cuestionarios, los miembros del equipo se distribuyen estratégicamente en el salón —por ejemplo, en los cuatro puntos cardinales— para mantener la disciplina dentro del colectivo, impidiendo sobre todo que hablen entre ellos. Los encuestados que terminan primero deben salir en silencio, dejando el cuestionario en la casilla.

Si el cuestionario es aplicado a subconjuntos de la población —por

ejemplo a diferentes grupos de alumnos—, entonces conviene ponerle en la parte reversa de cada paquete el número del grupo, la fecha y la hora de la aplicación, lo que facilita el control del proceso de recolección de datos. Al final de la sesión con la recolección, por el equipo encuestador, de los cuestionarios —con la anotación mencionada— termina la aplicación de la muestra.

4.7 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS

4.7.1 Codificación de los datos

La evaluación estadística y la interpretación de los resultados se realizarán en diferentes pasos. En un principio la evaluación estadística, es decir, matemática de los resultados la tuvo que hacer el investigador sin auxilios técnicos. Al desarrollarse las técnicas estadísticas y las tecnologías informáticas el investigador usó máquinas, llamadas hollorith, que mecánicamente computaban los resultados. Hoy en día los datos obtenidos se procesan electrónicamente, es decir, con programas estadísticos ("paquetes") específicos y computadoras, por la gran rapidez y precisión que ofrecen. No obstante, el primer problema que se presenta para el uso de estos paquetes consiste en que utilizan un lenguaje artificial, mientras nosotros un lenguaje histórico, en este caso, el castellano o un idioma indígena. Para que la computadora pueda leer y procesar los resultados obtenidos en el lenguaje histórico (sí, no, no sé, me agrada, etcétera) hay que traducirlos al lenguaje binario (cero o uno) que utiliza números o símbolos específicos. De ahí nace la necesidad de la codificación de las preguntas y respuestas del cuestionario.

Sin embargo, antes de codificar respuestas y preguntas conviene enumerar los cuestionarios de manera consecutiva; así será fácil localizarlos —como fuente primaria de la información—cuando haya errores en la codificación, en la captura o en el procesamiento de los datos. Esta enumeración no se debe hacer nunca antes de la aplicación del cuestionario, porque los encuestados sabrían que con el número es fácil identificarlos, lo cual destruiría su confianza en la confidencialidad de la encuesta. Podemos definir la codificación como la asignación de números (dígitos) u otros símbolos (semánticamente vacíos) a las preguntas y respuestas obtenidas en el cuestionario. Mientras las preguntas son generalmente llamadas "variables" (V) y enumeradas sucesivamente de V1 hasta Vn, las respuestas son codificadas con dígitos. Por ejemplo, si las opciones

de respuesta en una pregunta son:

- ( ) sí ( ) tal vez ( ) no ( ) no sé

Entonces, la codificación podría ser: 0 = no contestó; 1 = sí; 2 = tal vez; 3 = no; 4 = no sé; reservándose el “0” para todos los casos no contestados y el “9” para todas las respuestas inválidas.

El código de la respuesta que se dio se apunta al lado izquierdo del número de la pregunta respectiva y de preferencia a color, para que sea bien legible. Por lo general se codifican primero las preguntas cerradas —por ser más rápido y fácil— y después las preguntas abiertas. En éstas hay que interpretar una serie de respuestas abiertas para ver la variabilidad de ellas. Si la pregunta abierta fuera: ¿Con quién vives?, las respuestas serían: sólo, con amigos, con padres, con mi compañero, con mis hijos, con mi madre, etcétera. Una vez entendido este intervalo (rango) de respuestas a la pregunta abierta se procede a su codificación, de la misma manera como ilustramos antes. En este procedimiento hay que garantizar que todos los miembros del equipo que codifican apliquen el mismo catálogo de codificaciones, para asegurar que una codificación, por ejemplo el “2”, signifique lo mismo (tenga el mismo referente empírico) en la misma pregunta abierta en todos los cuestionarios. Es muy importante que los detalles de la codificación se acuerden con la persona que aplicará el programa computacional estadístico a los cuestionarios, antes de empezar el trabajo.

Terminada la codificación se procede a la captura de los datos. Por captura de los datos se entiende la transferencia de las codificaciones de los cuestionarios (preguntas y respuestas) a su medio de procesamiento (computadora). Esto se puede hacer de dos maneras: se “vacían” (transfieren) los datos codificados, desde los cuestionarios, en unas hojas específicas (informáticas), donde aparecen en orden vertical las preguntas (variables) del cuestionario de V1 hasta Vn. En forma horizontal se registran los valores de las variables (datos), es decir, las respuestas codificadas de todos los individuos de la muestra, a esta pregunta. De la misma manera se pueden transferir los datos codificados (números) directamente desde los cuestionarios a la computadora, sin pasar por el primer paso.

La evaluación estadística y siguiente presentación y graficación de

los datos consiste en el procesamiento de los datos capturados en un programa estadístico, como Gretl, Excel, Word o Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, por sus siglas en inglés; paquete estadístico para las ciencias sociales), con el que cuenta la mayoría de las universidades. Para utilizar este paquete la persona encargada de realizar la evaluación tiene que escribir un pequeño programa (instructivo) que le indica a la máquina la cantidad de variables, las medidas estadísticas que se desean obtener, etcétera.

Para el principiante es conveniente que lleve a cabo la evaluación estadística de los datos en dos pasos. Primero debe obtener una estadística descriptiva de todas las respuestas obtenidas, con algunas medidas estadísticas básicas, como frecuencias absolutas y frecuencias relativas (porcentajes), medidas de tendencia central —como la media aritmética, la mediana (divide una serie numérica en dos partes iguales), el modo (valor de mayor frecuencia), que indican hacia dónde se aglomeran los datos— y medidas de dispersión, como la desviación estándar, que revelan numéricamente la dispersión o varianza de los datos alrededor del centro.

Con esta información a la mano se procede a interpretarla para decidir dónde debe seguir profundizando su análisis con medidas estadísticas ya más sofisticadas, como son: coeficientes de correlación, medidas de regresión, inferencias de la muestra sobre la población, etcétera. En esta segunda fase (estadística inferencial) se concentrará en verificar determinados resultados y analizar asociaciones entre variables.

Una ilustración del primer problema consistiría en lo siguiente. Si a la pregunta: ¿Tienes relaciones sexuales actualmente? sigue la pregunta, Si contestaste sí, ¿qué medios anticonceptivos empleas?, el encuestador no puede estar seguro que todos los encuestados cumplieron con el instructivo. Es posible que alguien que contestó no a la primera pregunta y que, por lo tanto, no debía contestar a la segunda sí la contestó. Para neutralizar este problema se instruye a la computadora para que haga una tabla de frecuencias o una asociación entre ambas variables (tener relaciones y usar un tipo de anticonceptivos) para descartar los que no debían contestar la segunda pregunta.

Lo mismo se hace con preguntas de control. Al inicio del cuestionario se pregunta, p. ej., ¿Qué tipo de anticonceptivos usas? y al final ¿Has tenido relaciones sexuales? Luego se asocian estadísticamente las dos variables y quedan descartadas las respuestas de la primera pregunta que proceden de personas que no han tenido relaciones sexuales.

En donde se supone que existen relaciones de dependencia entre las variables usadas en el cuestionario se utiliza el análisis de correlaciones o asociaciones para cerciorarse de que estas realmente existen. A manera de ejemplo es razonable suponer que existe una fuerte relación de dependencia entre el estado civil (variable independiente) de una pareja y el lugar físico donde tienen relaciones sexuales (variable dependiente); con la expectativa de que parejas casadas tienen relaciones sexuales primordialmente en su casa, mientras que por lo general parejas solteras utilizan hoteles. Para constatar con exactitud si esta supuesta relación se da efectivamente entre los encuestados, se realizará la correlación estadística correspondiente, que responderá a la incógnita.

Para entender a fondo el fenómeno de investigación se analizarán los datos empíricos registrados u originados por los cuatro métodos de verificación de la hipótesis (experimento, documentación, muestra, observación) mediante las técnicas de la estadística. Entendemos por estadística la rama de la matemática cuya aplicación permite la recolección, el análisis, la interpretación y representación sistemática de los datos empíricos (propiedades) del fenómeno de investigación. Además de explicar los patrones de comportamiento en fenómenos aleatorios. La representación de estos datos puede ser numérica o gráfica. Tanto el lenguaje como las técnicas estadísticas varían considerablemente en diversas ciencias y, en general, la estadística se presenta hoy como una de las ciencias aplicadas más complejas que existen. Por eso, los matemáticos hablan de la necesidad de una “cultura estadística” para interpretar de forma correcta los datos empíricos procesados estadísticamente. Por la misma razón y por situarse este libro en el nivel introductorio de la investigación, discutiremos únicamente algunas medidas estadísticas básicas de posición, centralización, dispersión y correlación, así como algunas trampas de la interpretación estadística.

4.7.2 Medidas de orden y porcentajes

Medidas de posición (cuantiles) o de orden son medidas que dividen una distribución de datos (valores) ordenados —según algún criterio que le interesa al investigador— en partes o intervalos iguales que contienen el mismo número de datos. Podemos mencionar los quintiles, los cuartiles, los deciles y los percentiles. Un quintil es la quinta parte de una población estadística ordenada de menor a mayor, según alguna propiedad (característica) de ella. En la sociología y economía es una medida frecuentemente usada para representar la distribución del ingreso de una sociedad o de un ente social. A tal fin se organizan los datos de los ingresos en orden ascendente desde el menor ingreso hasta el mayor, para luego dividirlos en cinco partes con igual número de individuos en cada quintil. El quintil más alto (Q5) representa la población de mayores ingresos, mientras que el primero desde abajo (Q1) representa a las personas de menor ingreso. El mismo procedimiento se ejecuta con los cuartiles que dividen a la población estadística en cuatro sectores con igual número de individuos, y con los deciles, que son los diez intervalos formados por los nueve valores que dividen la distribución de datos ordenados en diez sectores iguales. Percentiles son los (99) valores que dividen el conjunto estadístico ordenado en cien partes iguales; por ejemplo, el percentil 54 tiene 53% de los datos por debajo y 46% por encima.

En este libro, por números absolutos entendemos dígitos cuyo valor nominal (número) expresa solamente su propio valor real. Es decir, lo que nos interesa es ese valor real o empírico en sí, sin considerar sus relaciones con otros dígitos de la distribución estadística. Por ejemplo, si en un grupo de sesenta estudiantes hay veinte varones, entonces no hay 5, 18, 19, 19.5 o 21 individuos masculinos, sino 20 individuos de la población que se pueden contar y verificar como tales. Esto es diferente en los números relativos. Como dice su nombre, esos números expresan su valor real por medio de su relación con otros números. Los porcentajes, por ejemplo, expresan el valor real de un número o dato sobre la base de cada 100 casos en que ocurre. El concepto “por ciento”, que etimológicamente se deriva del latín per centum, manifiesta ese hecho con claridad. Un

porcentaje expresa, por lo tanto, la frecuencia con que ocurre un evento (dato) que nos interesa, por cada 100 casos. En nuestro ejemplo de los 20 varones en un grupo de 60 estudiantes, el porcentaje de varones es 33.33 por ciento; es decir, la frecuencia con que la característica (variable) "varón" ocurre en el grupo es una entre tres. Cuando los datos del fenómeno de investigación se expresan en porcentajes la suma de todos los porcentajes debe dar cien por ciento (100%). Mientras las cifras absolutas son, en general, la "materia prima" de la investigación que nos refleja las características (propiedades) de las dimensiones absolutas (empíricas) del fenómeno, los porcentajes revelan proporciones, tasas, significados, etcétera, de esas dimensiones absolutas en relación con otros aspectos que permiten una interpretación mucho más profunda del significado de los datos empíricos. Como cada uno de los dos tipos de números tiene sus virtudes y debilidades, siempre conviene expresar las mediciones de la investigación en ambos lenguajes cuantitativos.

4.7.3 Medidas de tendencia central

Las medidas de centralización, también llamadas medidas de tendencia central, son parámetros (indicadores) estadísticos que nos permiten entender y organizar ciertos centros en la distribución de los datos o valores. Las medidas más usadas de este tipo son la media aritmética, la mediana y el modo. Además existen la media geométrica, que es recomendable cuando la distribución resulta de cambios relativos promediales, y la media cuadrática (valor cuadrático medio o RMS), que se usa principalmente como medida de dispersión. La media aritmética, geométrica y cuadrática se denominan medias calculadas, mientras que la mediana y la moda se consideran medias de lugar o posición. Las medias se sitúan entre los dos extremos de la distribución de valores.

La media aritmética, llamada media o promedio, se obtiene como coeficiente entre la suma de todos los valores de la distribución, dividida por el número de valores de la distribución y se simboliza como una x con un guión arriba.

Por ejemplo, si los tamaños (en centímetros) de un grupo de niños

son 40, 50, 60, 70, 80, 80, 110 entonces la media aritmética es:

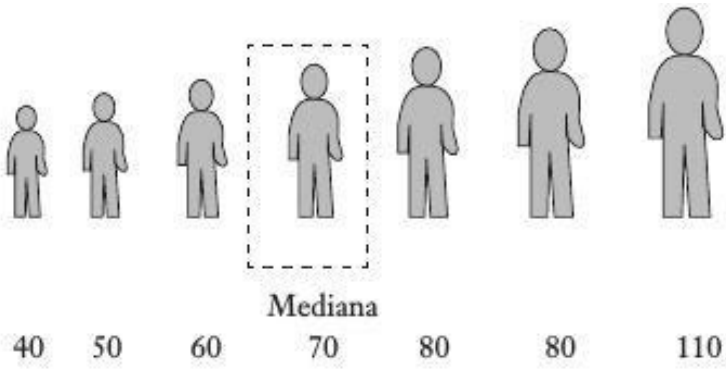
$$\bar{x} = \frac{40+50+60+70+80+80+110}{7} = \frac{490}{7} = 70$$

La fórmula respectiva de la media es como sigue:

$$\overline{x} = \frac{x_1+x_2+\ldots+x_n}{n} = \frac{\sum x_i}{n}$$

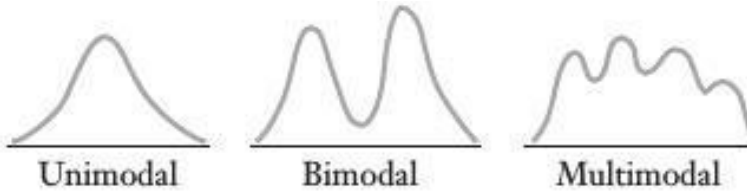
La mediana (Me) es el valor que separa por la mitad la distribución de los datos ordenados; es decir, 50% de los datos ordenados de menor a mayor, pero sin agruparlos en intervalos, es inferior a la mediana y el otro 50% es superior. Por el lugar que ocupa en la distribución de valores, la mediana coincide con el percentil 50, con el segundo cuartil y con el quinto decil.

Cuando el número de datos es impar la mediana es el valor del individuo que representa el lugar central. En nuestro ejemplo, la distribución de tamaños de los niños en centímetros y ordenados en orden creciente es: 40, 50, 60, 70, 80, 80, 110. La mediana es: Me = 70, porque existen tres datos menores y tres datos mayores que 70 (cm).



La fórmula general para una distribución de valores ordenados (en orden creciente o decreciente), y cuando el número de valores (n) es impar entonces: Me = x(n + 1) /2. En cambio, cuando la distribución de valores ordenados es par, por ejemplo, 40, 50, 60, 70, 80, 80, 110, 120, entonces la mediana es igual a la media aritmética de los dos datos centrales. Los dos datos centrales (que tienen el mismo número de valores menores que superiores alrededor de sí) son 70 y 80. Su media aritmética es 75 y este número es la mediana (Me = 75).

La moda (Mo) es el valor de la variable que más se repite en una distribución de valores, es decir cuya frecuencia absoluta es mayor. En nuestro ejemplo de tamaños la Mo = 80 porque aparece dos veces, mientras que todos los demás valores tienen una sola frecuencia. Hay distribuciones unimodales (una moda), bimodales (dos modas) y multimodales (más de dos modas). Distribuciones bimodales o multimodales resultan de la heterogeneidad del universo estadístico. También puede haber distribuciones donde no hay ninguna moda, lo que quiere decir que cada valor se presenta una sola vez.



4.7.4 Medidas de dispersión y correlación

Las medidas de tendencia central, particularmente la media aritmética, y las medidas de dispersión son herramientas estadísticas básicas para evaluar y entender el significado de los datos recolectados en la investigación. Su gran utilidad consiste en expresar en forma cuantitativa, es decir, con un sencillo número (dígitos), complejos aspectos de nuestro fenómeno de investigación, tales como: a) sus propiedades (ingreso medio, el peso corporal más frecuente, etcétera); b) la varianza (dinámica) de algún factor de la realidad, por ejemplo, las variaciones de la presión atmosférica diurna, de la presión arterial de una persona o de la tasa de inflación mensual; c) la covarianza de dos o más variables en relaciones de causa-efecto o asociación estadística de factores de la realidad.

Entre las medidas de la varianza, la desviación estándar, la covarianza y los coeficientes de correlación hay una relación lógica que le ayuda al estudiante a entender sus diferencias. Recordar que lo único que existe en el universo es la materia y su movimiento. Cuando la materia se mueve a la velocidad de la luz la consideramos energía. Cuando su velocidad es inferior a la de la luz, la entendemos como materia (objetos). Como todo movimiento es sinónimo de cambio, con frecuencia es el movimiento y el cambio en los factores de la realidad —en este caso en el fenómeno de investigación— lo que le interesa al científico, por ejemplo, el valor adquisitivo del dinero (inflación/deflación) o el aumento o la reducción de la fiebre en un paciente.

Cuando se miden esos cambios, es decir, los datos o valores del fenómeno (la variable) y se calcula su media aritmética (M), entonces encontramos que los valores individuales se agrupan en torno a la media, con algunos valores menores a la media y otros superiores. Esa distribución de los valores en torno a un valor medio puede ser estrecha o amplia, lo que nos indica el grado de variabilidad (dispersión) en la distribución de los valores individuales. Por eso se llaman también medidas de variabilidad. Cuanto más amplia es la dispersión, tanto menos probable es que los valores reflejan el promedio de la distribución. Esto quiere decir que el universo estadístico es heterogéneo.

El concepto estadístico que se usa para denominar esas variaciones de la variable de investigación en torno a una medida de tendencia central, como la media M, es la varianza, que expresa el grado de homogeneidad o heterogeneidad de la característica que nos interesa en el universo. Se representa con la letra griega σ o una V mayúscula.

Uno de los problemas del cálculo de la variación es que al considerar toda la distribución de valores individuales, la suma de las desviaciones de la media aritmética es siempre cero. La principal técnica estadística para superar este problema consiste en elevar al cuadrado esas desviaciones. La expresión matemática que obtenemos es:

$$S^2 = \sum \frac{(X - \overline{X})^2}{N}$$

O en una forma más acabada:

$$S_x^2 = \frac{\sum_{i=i}^{k} (X_i - \overline{X})^2}{n}$$

De la varianza estadística se deriva la desviación estándar (standard deviation). La desviación estándar es probablemente la medida de dispersión más usada en la estadística, debido a las ventajas matemáticas que ofrece y que están vinculadas a la matemática de la probabilidad. Esa medida, también llamada desviación típica, es necesaria como paso intermedio para el cociente de correlación. Se calcula como la raíz cuadrada de la varianza y refleja la dispersión de los datos con respecto al valor de la media; cuanto mayor sea su valor, más dispersos estarán los datos. Como se ha señalado, se representa por el símbolo griego de sigma (σ) o S.

Su forma general es: $\sigma = \frac{\sqrt{\sum d^2}}{n}$

Con frecuencia tratamos de averiguar en la investigación científica no la varianza de una sola variable, sino de dos variables que consideramos tienen un vínculo real entre sí, de tal manera que la variación de una genera una variación en la otra. Cuando se da esta interacción real hablamos de la covarianza. La covarianza se define como la suma del producto de las desviaciones de cada observación de “x” por cada observación de “y”, y donde N es el total de las observaciones. La expresión matemática es:

$$\text{Cov}\,(x,y) = \frac{\sum (x - \bar{x})\,(y - \bar{y})}{N}$$

La covarianza y la desviación estándar nos permiten, finalmente, utilizar un instrumento estadístico fundamental para medir el grado de asociación que existe entre dos variables y, de esa manera, probar la veracidad de una hipótesis: los coeficientes de correlación. Cuando se logra demostrar que existe una interacción real de dependencia entre dos variables —en forma matemática y = f(x)—, entonces es conveniente conocer su fuerza y dirección y expresarlas numéricamente. La estadística basada en la probabilística permite establecer este tipo de relaciones, mediante los coeficientes de correlación. Estos coeficientes indican la fuerza y la dirección de una relación entre dos variables aleatorias. Se considera que existe una correlación positiva lineal entre dos variables cuantitativas, cuando se varía sistemáticamente los valores de una variable y se observa una variación sistemática en los valores homónimos de la otra. La correlación entre dos variables no implica, por sí misma, como explicamos anteriormente, una relación de causalidad. Al identificar a priori una correlación con una relación causal se cae en el error lógico del cum hoc ergo propter hoc (con eso, por lo tanto, por eso), en el que dos eventos coincidentes son explicados como eventos de causa y efecto.

La correlación se diferencia de la covarianza en cuanto a que su coeficiente se define como la covarianza dividida entre el producto de las desviaciones estándar de las dos variables consideradas. Como la desviación estándar de x es la raíz cuadrada de la varianza de x, y la desviación estándar de y es la raíz cuadrada de la varianza de y, matemáticamente se puede expresar la correlación como:

$$r = \frac{Cov\ (x,y)}{Sx * Sy}$$

Escrito de otra forma tendríamos la misma relación entre covarianza y correlación:

$$r = \frac{\sigma_{XY}}{\sigma_X \cdot \sigma_Y}$$

Las relaciones entre variables, que se analizan mediante correlaciones, en la física se llaman relaciones o contextos "funcionales". Como ejemplo, la correlación entre la distancia de dos cuerpos y su fuerza de atracción o la relación entre la temperatura de un tubo de hierro y su longitud, o la temperatura y la velocidad de una reacción química. Por lo regular, esas relaciones son claras en las ciencias de la naturaleza, lo que permite que la relación de las variables y = f(x) pueda expresarse en una curva regular, una recta, una parábola de segundo y tercer grado, etcétera. Una relación tan inequívoca no se presenta normalmente en los contextos analizados en las ciencias sociales, debido a la

influencia del azar, hecho por el que esas relaciones se llaman estocásticas, y con la consecuencia de que la curva con la cual expresamos geométricamente los valores de las variables se vuelve más irregular. Es decir, los valores de las variables se agrupan en forma más o menos regular en torno a una línea ideal. Esa línea se llama línea de relación o, en la estadística matemática, línea de regresión (Galton). Esa línea se calcula con el método de los cuadrados menores, utilizándose la desviación estándar.

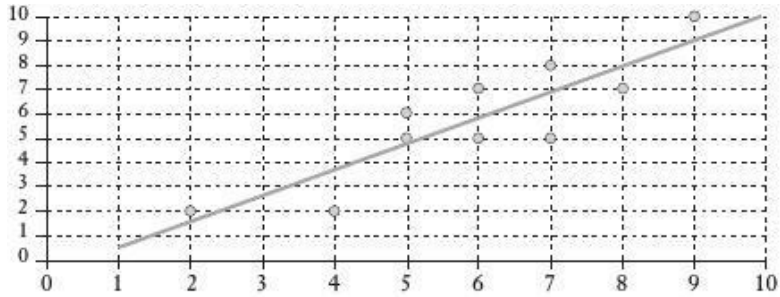
La medición de la correlación entre dos variables abarca, en lo esencial, tres aspectos de la relación entre las dos variables: su fuerza, su forma y su dirección. Cuando se grafican los valores de la variable se presenta una distribución que llamamos nube estadística. Si la nube es larga y estrechada y, por lo tanto, puede ser representada por una línea recta, se considera que la relación entre ambas variables es fuerte. Si la nube asume otra forma la relación es débil. La forma se refiere al tipo de línea que mejor expresa la relación entre las variables, líneas que pueden ser rectas o curvas de diferente tipo. El sentido o la dirección de la correlación son, igualmente, de gran interés. La relación es positiva cuando los valores de ambas variables evolucionan en la misma dirección, es decir, cuando al crecer los valores de x crecen también los de y; y la relación es negativa o inversa cuando al crecer los valores de x los de y decrecen. En el primer caso se habla también de paralelismo y la dirección de la nube estadística va de la izquierda, abajo, hacia la derecha, arriba. En la correlación negativa se habla también de antagonismo y el sentido de la nube va desde la izquierda, arriba, hacia la derecha, abajo.

Un ejemplo de una correlación negativa es la ley de Engels, que se refiere a la siguiente regularidad del comportamiento social humano: Cuanto más aumenta el ingreso de un hogar privado, menor es el porcentaje del ingreso que gasta para la alimentación. En el lenguaje económico se expresa esa ley diciendo que la elasticidad del ingreso de la demanda de alimentos es menor a 1. (La proporción del ingreso gastado en alimentos se llama también el cociente de Engels.) Otro ejemplo de una correlación negativa es la relación inversa entre el nivel de escolaridad de una familia y el número de hijos que procrea. La relación entre las dos variables (hipótesis) se expresaría en este caso de la siguiente manera: A

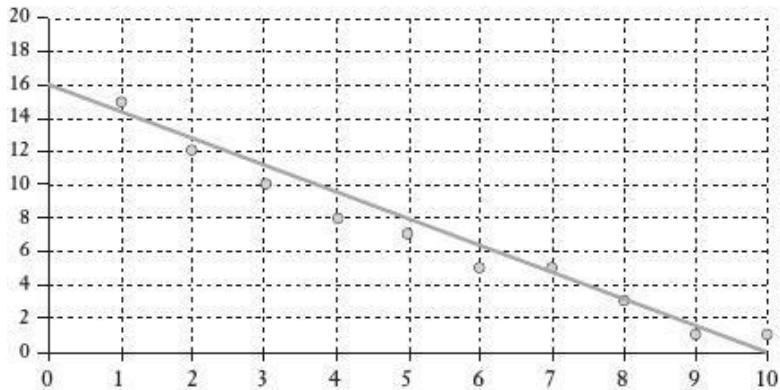
mayor escolaridad, menor número de hijos. Un ejemplo de una correlación social positiva es la relación entre el ingreso de un hogar y los gastos para eventos culturales y viajes, o entre el ingreso y el precio de artefactos (teléfono celular, coche) que usa.

La fuerza de la correlación se evidencia en el hecho de que los puntos de la nube están muy cerca a la línea de regresión. Su carácter inverso se manifiesta en la forma decreciente de los puntos de la nube, y de la línea de regresión.

Ejemplo de una correlación lineal positiva



Ejemplo de una correlación lineal fuerte negativa (inversa)



La interpretación de un determinado valor de un coeficiente de correlación depende de si se trata de un universo completo —en cuyo caso, como se ha visto anteriormente, se trata de un parámetro del universo— o bien se trata de un valor obtenido en una muestra probabilística, en cuyo caso se tiene que probar el nivel de confiabilidad (probabilidad) del valor mismo del coeficiente a través de un análisis de varianza (ANOVA), cuyo tratamiento sale fuera de las posibilidades de este texto. Sin embargo, como regla práctica se puede considerar que un valor del coeficiente mayor a 0.5 (explica 25% de la varianza total) es un coeficiente que muestra una relación, aunque sea baja; pero si el coeficiente alcanza, digamos, un valor de 0.8 expresa que estamos explicando 64% de la varianza total, lo cual establece una relación que permite probar determinada hipótesis.

En la práctica, tanto el cálculo del coeficiente como el análisis de varianza se pueden realizar de manera sencilla con un programa de software como Gretl, Excel o SPSS (Statistical Package for the Social Sciences). Para una explicación más elaborada véase el texto de Gene V. Glass y Julian C. Stanley, Métodos estadísticos aplicados a las ciencias sociales, Prentice Hall, 1996, pp. 109-133.

El coeficiente de correlación (r) en una correlación lineal está construido de tal forma que produce: el valor 1 en el caso de una correlación funcional completa; 0 en el caso de una inexistencia total de correlación; -1 en el caso de una correlación negativa completa. Valores menores de $r < +0.5$ revelan una correlación muy débil, que también puede ser resultado del azar. Valores de r de 0.6 significan una correlación considerable, de 0.7 una correlación fuerte y de 0.8 y 0.9 una correlación muy fuerte. Los signos positivos y negativos no indican la fuerza o debilidad de la correlación, sino solamente la dirección o el sentido en que evolucionan las variables, tal como explicamos con anterioridad.

Cuando la relación entre las dos variables no es lineal o cuando existe una correlación múltiple, es decir, una variable dependiente (cosecha) depende de varias variables independientes (temperatura, humedad, fertilización), entonces el cálculo de la relación se vuelve mucho más complejo.

El uso de los cocientes de correlación sólo tiene sentido cuando el

material estadístico (los valores de las variables) puede ser diferenciado según una propiedad pertinente-cuantitativa que indica que existe una interacción real entre las dos variables. De otra forma se obtienen correlaciones formales y sin-sentido (nonsense). Por la siguiente razón: la mayoría de los fenómenos tienen una tendencia de comportamiento hacia arriba o hacia abajo, lo que hace que cuando se les aplican correlaciones tienen una alta correlación formal entre ellos, sin tener ninguna relación interactiva real empírica, como es el caso del decreciente número de nidos de cigüeñas y del decrecimiento demográfico en los países industrializados (nonsense correlations).

Entre los coeficientes de correlación más conocidos está el coeficiente del científico estadounidense Pearson, que permite saber si el ajuste de la nube de puntos a la línea ideal, la línea de regresión, es satisfactorio. Se calcula, como explicamos anteriormente, como el cociente entre la covarianza y el producto de las desviaciones típicas (raíz cuadrada de las varianzas).

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum xi)^2]\,[n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Otro coeficiente de correlación muy usado es el de Spearman (ρ), que mide la relación entre dos variables continuas. Su interpretación es igual que la de Pearson, oscilando entre +1 y -1. Cuando este coeficiente varía entre 0 a 1 la relación medida es positiva y directa, es decir, si la “x” aumenta, la “y” también aumenta. Cuando su valor varía de 0 a -1 expresa, como explicamos, una relación inversa, es decir, cuando la “x” aumenta, la “y” disminuye.

El coeficiente de correlación de Spearman (ρ) se calcula con la siguiente fórmula:

$$\rho = 1 - \frac{6\sum D^2}{N(N^2 - 1)}$$

Un tercer coeficiente muy usado es la distribución “t” de Student para pequeñas poblaciones, como ya se mencionó. La fórmula que se puede utilizar para tal cálculo es:

$$t = \frac{\rho}{\sqrt{(1 - \rho^2)/(n - 2)}}$$

Una última medida de dispersión a mencionar es el rango que se utiliza para calcular la amplitud de la variación de los valores individuales frente a la media. Es decir, el rango expresa el tamaño del intervalo en que se ubican todos los valores (datos) de la variable. Se le calcula ordenando los datos (valores) según su tamaño y restando el valor mínimo del valor máximo. Aunque los dos valores extremos pueden ser de interés, las propiedades del rango no lo convierten en una medida muy útil, entre otros aspectos, porque no considera la distribución de los valores entre los extremos, los extremos sufren más los efectos aleatorios, y porque los extremos se alejan más en la medida en que crece la cantidad de los datos observados.

Como ejemplo se calcula el rango en los tamaños de nuestro grupo de niños con 40, 50, 60, 70, 80, 80 y 110 centímetros de altura. Al seguir el valor menor 40 y el valor mayor 110, entonces los datos de la distribución se encuentran en:

$$\text{rango} = 110 - 40 = 70$$

Al igual que existen diferentes medidas centrales para organizar y entender las distribuciones, también existen diferentes medidas de dispersión para las distribuciones. De hecho, se puede decir que en el fondo muchas medidas de dispersión son también medias —medias de segundo orden—, porque lo que miden es el tamaño promedio de las desviaciones de los valores individuales frente a la media original. El grado de dispersión o la variabilidad de la distribución se expresa mediante un número. Cuanto menor sea ese número (valor), más homogéneo es el universo estadístico y, por lo mismo, más cerca están los valores individuales a la media. Cuanto mayor sea ese valor, tanto más difieren los valores de la variable de la media y entre sí.

4.7.5 Problemas de interpretación: la cultura estadística

Con la creciente digitalización del mundo moderno la capacidad de procesar números e interpretarlos adecuadamente es cada vez más necesaria. Por lo tanto, se requiere de una cultura estadística que no solamente tenga cierto dominio de técnicas matemáticas, sino también la facultad de entender un lenguaje cuantitativo (una distribución/serie de valores/datos), no sólo en su sentido matemático, sino además en su sentido empírico. Podríamos hablar justificadamente de dos niveles de interpretación y de dos lenguajes interactivos, el de la lógica numérica y sus significados matemáticos, por ejemplo, de la media aritmética o del cociente de correlación, y el de la lógica del fenómeno real y sus significados empíricos.

Esa rama de la investigación se ha vuelto tan compleja que el investigador principiante requerirá, muchas veces, de la asesoría de un especialista en estadística para resolver ciertas preguntas sobre el diseño o la evaluación de una prueba. Cuando el investigador no publica su trabajo tendrá que juzgar por sí mismo el nivel de interpretación matemática-empírica; en cambio cuando publica los resultados, las reseñas y comentarios de la comunidad científica le presentarán un correctivo bienvenido, aunque post festum, que le hará ver los aciertos y errores de su trabajo. En ambos casos es

recomendable que la interpretación de los datos se haga con cautela, considerando que el peligro de la interpretación equivocada es considerable, como muestran algunos ejemplos.

Cuando un periódico publica que una muestra representativa electoral indica que el candidato A ganará las elecciones porque obtuvo 51% de las respuestas positivas, mientras que B sólo obtuvo 49% hace una afirmación no-fundada y, posiblemente, falsa. Porque los márgenes de error estadístico de una muestra son, por lo general, del orden de plus/menos 3 por ciento, lo que significa que el verdadero valor de la preferencia electoral en el universo estadístico en el caso A se encuentra en un intervalo de 54 a 48%, y en el segundo caso entre 52 y 46%. Aunque es más probable que gane A es también posible que gane B.

La selección de las medidas estadísticas que se usen en la interpretación debe ser igualmente cuidadosa, porque el significado matemático a veces no representa ningún significado real en el fenómeno empírico. Recuerdo un ejemplo de mi profesor de estadística en la Universidad de Frankfurt (RFA) para ilustrar un problema de la media aritmética. Es conocido que la temperatura corporal del hombre normalmente oscila alrededor de 36.7 grados Celsius; para el caso, él decía: Imagínense una persona cuyos pies tuvieran una temperatura de cero grados Celsius y cuya cabeza tuviera una temperatura de 74 grados Celsius, la temperatura media de esa persona sería, matemáticamente, 37 grados Celsius, o sea que se encontraría en perfecto estado de salud. Esa media que es matemática/numéricamente correcta no tiene ninguna capacidad para expresar el estado real de la variable (propiedad) “salud” de esa persona. La lección de este ejemplo es que, en ocasiones, los promedios aritméticos nivelan tanto el perfil real del fenómeno que en lugar de ilustrar la realidad la ocultan. Por eso hay que tomar en cuenta la heterogeneidad del universo. Cuanto más dispares son los valores de la variable (característica que nos interesa) y su rango, menos valor informativo tiene la media aritmética.

Problemas semejantes se presentan en los porcentajes. Puede ser que el producto interno bruto (PIB) de un país A haya crecido en 1971 a una tasa anual de 10 por ciento, mientras que el del país B creció apenas 3 por ciento. Pese a que la economía A aumentó su

riqueza relativa (crecimiento del PIB en porcentajes) con mayor rapidez que la B, lo que matemáticamente es correcto decir, la interpretación de ambas cifras porcentuales no debe hacerse sin tomar en cuenta las cifras absolutas que representan. Por el siguiente motivo: si el PIB de la economía A en 1971 era de 100 mil millones de dólares, entonces una tasa de crecimiento del 10 por ciento significa un incremento absoluto de 10 mil millones de dólares. En cambio, si el PIB de B en 1971 era equivalente a 900 mil millones de dólares, el incremento de 3 por ciento significa un aumento en cifras absolutas de 27 mil millones de dólares. Al considerar únicamente los porcentajes se llega fácilmente a la conclusión de que el país A se está volviendo más rico que B. Esto sería correcto en términos relativos, pero falso en cifras absolutas.

En la presentación de los resultados hay problemas semejantes. Es necesario, por ejemplo, que junto con las frecuencias relativas (porcentajes) de los valores de las variables siempre se presenten sus frecuencias absolutas y que se escojan los medios de graficación que con mayor claridad y facilidad de comprensión presentan los resultados.

La organización y representación de los datos se puede hacer por medio de tablas y gráficas. La tabla es el esquema que mejor se adecua a las particularidades lógicas de los contextos estadísticos. Tiene dos partes principales, el sector de texto y el sector de números. El sector de texto abarca el título, la cabeza y la precolumna, que se separan del sector de números mediante líneas lo suficientemente gruesas. Toda la tabla se divide de manera vertical en columnas, y en forma horizontal en renglones (filas). Esta estructura genera los compartimientos de la tabla. El título de la tabla debe resumir su información principal; por ejemplo: crecimiento del PIB de México en 1991, en pesos de 1989; valores nutritivos de los carbohidratos, etcétera. La cabeza contiene los conceptos que se refieren a los números en las columnas. La precolumna contiene los conceptos que se refieren a los números de los renglones. Para encontrar el tipo de tabla que es idóneo para la presentación de los datos y la relación entre ellos conviene ver en Internet la multiplicidad de tipos diferentes, buscando con la leyenda: Modelo de tabla.

Si se utilizan gráficas puede recurrirse básicamente a los diversos tipos de histogramas, las curvas y las gráficas circulares. Un histograma representa una variable en forma de barras. La superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia (número) de los valores representados. En el eje de ordenadas, el vertical, se representan las frecuencias absolutas o relativas, y en el eje de abscisas, el horizontal, los valores de las variables. Las frecuencias pueden presentarse también en forma acumulada. El número de barras (clases o intervalos) es definido por la estructura del fenómeno de investigación, es decir, le es inherente en el caso de las variables cualitativas (casado, soltero, divorciado; varones, mujeres; etcétera). En el caso de las variables cuantitativas tiene que ser definido explícitamente.

Cuando se utilizan cuadros estadísticos es necesario indicar con claridad el título y lo que representan las ordenadas y las abscisas. Al usar el disco (gráfica de superficie) hay que convertir los porcentajes de los cuadros en grados, lo que se logra multiplicando cada porcentaje con 360 grados y dividiéndose el resultado por cien. Si quiero graficar 50% lo multiplico con 360, obtengo 18 000, lo divido entre 100 y el resultado es 180 grados, en un círculo de 360 grados.

Con el creciente uso de programas computacionales de diseño y graficación los alumnos tienden a utilizar los más espectaculares, de preferencia los que tienen color y son tridimensionales, sin preocuparse por su valor didáctico, es decir, su capacidad de facilitar la comprensión de los resultados computados, lo que es un error. El medio de presentación que se utilice debe regirse en primer lugar por la facilidad de comprensión que provee al receptor, y sólo en segundo lugar por su estética. La función de la gráfica consiste en presentar la esencia del contenido de una tabla de una manera sinóptica y fácil de entender. La gráfica, sea el diagrama o la curva, tiene una ventaja didáctica sobre la tabla, pero sus desventajas son que: a) no tiene la misma precisión y b) que la tabla puede expresar una cantidad mucho mayor de las subcategorías o parámetros de una variable, que una gráfica. Por ejemplo, cientos de tipos de profesiones de la variable “empleo” o “empresa”. Para escoger el tipo de gráfica adecuada a sus fines, el estudiante debe informarse nuevamente en Internet, bajo el

concepto “gráficas”.

4.8 LA ENTREVISTA

Tratamos a la entrevista científica como un subpunto de la encuesta debido a que su papel general en las ciencias es de menor importancia. (No nos ocupamos de las entrevistas empresariales y de trabajo.) En la mayoría de las ciencias sería correcto definirla como un procedimiento heurístico, es decir, auxiliar en la producción del conocimiento. La razón de ese status radica en que la entrevista generalmente se refiere a la indagación de casos aislados o singulares, mientras que la investigación científica pretende analizar clases de hechos sociales y naturales (grandes números de eventos) y/o relaciones entre ellas, para detectar y cuantificar las leyes que los rigen.

Una excepción a esta regla son ciertos campos de trabajo de la psiquiatría, la psicología, el psicoanálisis y algunas ciencias forenses. Por ejemplo, en el psicoanálisis se pretende diagnosticar los padecimientos agudos (sintomatología) de una persona como variables dependientes (efectos) de sus traumas de socialización, que son entendidos como variables independientes (causas). Otro ejemplo es la anamnesis en la medicina somática, que indaga la posibilidad de que una patología presente (variable dependiente) en el paciente sea resultado de enfermedades o disposiciones genéticas anteriores (variable independiente).

Sin embargo, aunque la entrevista se dirige generalmente hacia fenómenos singulares, puede ser útil en entrevistas piloto, toda vez que en este tipo de entrevistas se selecciona a la o las personas que se suponen representativas para la población estadística que nos interesa. Es decir, se concibe al caso particular como una especie de muestra del universo estadístico.

La entrevista tiene muchas similitudes con la encuesta; por ejemplo, existen determinados intereses de conocimiento. Es importante establecer una relación de seriedad y confianza con el entrevistado. El lenguaje tiene que ser adecuado al discurso e ideario de la persona entrevistada, lo que es difícil, cuando se trata de personas de clases sociales diferentes a la del encuestador, niños, etcétera.

Sin embargo, el contacto en la entrevista es personal y directo, hecho por el que el sujeto entrevistador requiere de mucha más habilidad y preparación que el aplicador de un cuestionario.

En términos generales, una entrevista puede entenderse como una combinación de conversación e interrogatorio: de la primera toma los elementos de amabilidad, fluidez, sensibilidad, cambio de tópicos y de la segunda rescata la deliberación de las preguntas que en su conjunto tratan de producir una determinada información que le interesa al entrevistador. El "arte" de la entrevista consiste, por eso, en saber combinar una serie de preguntas preestructuradas con reacciones flexibles a la dinámica que se desarrolla durante la entrevista y que, en parte considerable, es imprevisible y determinado por el encuestado.

Al igual que en la encuesta, el éxito de la entrevista depende, fundamentalmente, de la disposición del entrevistado de contestar de buena fe las preguntas. Una entrevista con una persona que no quiere cooperar o ha decidido sabotear la entrevista, no tiene valor alguno, salvo en entrevistas diseñadas para diagnósticos psicopatológicos y forenses, donde la forma de rechazo del paciente permite algunas inferencias limitadas sobre su enfermedad o responsabilidad. Sin embargo, fuera de esta situación particular, la negación implícita de la persona seleccionada anula, en gran medida, el valor informativo de la entrevista.

Durante la entrevista, para establecer una buena relación de trabajo, es absolutamente necesario que se trate a la persona encuestada con respeto y sensibilidad y ello incluye, como es obvio y con mayor razón, a personas que sufren patologías físicas o psicológicas. Si un encuestador dispone de un buen sentido del humor con frecuencia puede romper el hielo con alguna broma, lo que ayuda al encuestado a relajarse. Cuando exista la posibilidad de ofrecerle al encuestado una taza de café o un ambiente agradable debería hacerse, porque se trata de un gesto que tiende a producir reciprocidad.

En la dinámica de la entrevista, que el encuestador controla sólo en parte, su finalidad puede malograrse de dos maneras. Suponiendo que las preguntas estén bien estructuradas y redactadas, el encuestador puede cometer el error de insistir con demasiada

rigidez en su esquema, y si esto sucede el encuestado siente las preguntas como una imposición y puede reaccionar de manera negativa. El otro error radica en caer en una conversación en la que se logra un ambiente relajado y agradable, pero no se recaba la información que dio motivo a la entrevista.

Por el método de registrar la información obtenida, pueden diferenciarse tres tipos de entrevistas: 1) la entrevista oral, en la cual la persona (o grupo) entrevistada no permite que se tome o registre de alguna forma el diálogo realizado; 2) la entrevista oral-escrita, en la que se le concede al encuestador el derecho de hacer apuntes, ya sea informales o que llene un cuestionario prefabricado; 3) la entrevista oral-electrónica, en la que el encuestador ha obtenido el permiso de registrar mediante grabadora o videocámara lo dicho por ambas partes.

Es obvio que cada una de estas formas tiene sus ventajas y desventajas. En la primera el encuestado hablará libremente, porque puede negar después cualquier afirmación que haya hecho. No hay un testimonio objetivo. Por lo mismo, su disposición de hablar en la segunda y tercera modalidad será más limitada, porque cualquier formulación que haya hecho, puede volverse pública y, posiblemente, comprometerlo.

Las entrevistas grabadas y videograbadas son, por lo común, editadas por el encuestador, es decir, son interpretadas y resumidas. La edición de una entrevista es una tarea difícil que requiere experiencia, conocimiento y ética. Experiencia y conocimiento para mantener la interpretación de la entrevista dentro de los patrones lógicos y semánticos establecidos por el encuestado, y ética para no manipular sus argumentos.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

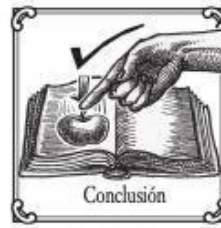
-

5.1 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

Def. 14. El análisis de resultados es la interpretación científica cuantitativa y cualitativa de los datos empíricos obtenidos en el proceso de verificación de las hipótesis. Esta interpretación, adecuadamente realizada, permite entender el verdadero significado y alcance de comprobación de los datos obtenidos. Sobre esta base de comprensión se pueden comparar los datos con el pronóstico de las hipótesis.

Def. 15. La conclusión es una inferencia (juicio) sobre la verdad o falsedad de una hipótesis, basada en la comparación de los datos (resultados) empíricos obtenidos durante la verificación —e interpretados adecuadamente— con la hipótesis. La conclusión nace de la comparación del modelo de comportamiento o de las propiedades del fenómeno de investigación, pronosticados (predichos) en la hipótesis, con su realidad empírica constatada o medida sistemáticamente durante la verificación. En otras palabras, la conclusión resulta de la comparación entre un enunciado pronóstico (hipótesis) y su realidad empírica medida cuantitativa y/o cualitativamente.

Def. 16. El resumen de la investigación es una reflexión sobre los objetivos iniciales, métodos usados, obstáculos y conclusiones a lo largo del proceso de investigación que puede figurar como último punto del quinto capítulo del reporte de investigación o como introducción al reporte de investigación.



5.2 ESTRUCTURA LÓGICA DEL ANÁLISIS

El capítulo de “análisis de resultados y conclusiones” tiene una estructura lógica que gira en torno a las hipótesis y a la evidencia obtenida sobre ellas. La importancia decisiva de las hipótesis en la metodología científica se debe al hecho de que las metas (intereses, enunciados de propósito) de conocimiento de la investigación son formuladas como variables en las hipótesis, cuya veracidad, a su vez, se revela cuando se comparan con los valores (datos) y/o modalidades empíricas de las variables, obtenidas durante la verificación. Sin temor a equivocarnos podemos decir que la importancia de la ciencia radica en esos dos conceptos, hipótesis y evidencia pertinente. Por eso tienen tan extraordinario peso en toda guía de investigación científica.

La estructura lógica de este quinto capítulo puede ser resumida en cinco pasos. El primer paso es la interpretación científica cuantitativa y cualitativa de los datos, y modalidades empíricas, obtenidos en el proceso de verificación de las hipótesis. Esta interpretación, adecuadamente realizada, permite entender el verdadero significado y alcance de comprobación de los datos obtenidos.

El segundo paso es una comparación de los datos empíricos de las variables de las hipótesis, obtenidos mediante los cuatro métodos de verificación, con el modelo (paradigma) de comportamiento o de propiedades (características) del fenómeno de investigación formulado en las hipótesis.

Esta comparación entre los datos empíricos y los enunciados hipotéticos (hipótesis) permite el tercer paso, las conclusiones o inferencias, o sea, el juicio sobre la verdad o falsedad de la hipótesis. Con la conclusión termina el proceso de investigación propiamente dicho, porque se obtienen las respuestas a las interrogantes que dieron lugar al estudio.

Sin embargo, cuando la hipótesis resulta incorrecta es conveniente explicar, en un cuarto paso, las posibles razones de esta hipótesis

equivocada. Si la hipótesis resulta confirmada podrían explicarse futuras profundizaciones (hipótesis) posibles de esa investigación.

5.3 RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

En el quinto paso el resumen —que es una reflexión sobre los objetivos iniciales, métodos usados, obstáculos y conclusiones a lo largo del proceso— tenemos la alternativa de situarlo como último punto del quinto capítulo (II., 5.3) o como introducción del reporte de investigación, ya que el resumen y la introducción básicamente obedecen a la misma lógica de comunicación.

Aunque la extensión del resumen no está sujeta a convenciones rígidas, debido a que depende en esencia del alcance de la investigación y de la trascendencia de los logros obtenidos, el investigador debe procurar que no pierda el carácter de una sinopsis o exposición sumaria. Es decir, debe permitir al lector interesado evaluar en forma precisa y sintética los elementos más importantes del proceso de análisis recorrido. Por lo demás, el principiante puede guiarse por los consejos explicados en la parte III de esta obra y en la estructura lógica de toda investigación científica empírica.

LA ESTRUCTURA LÓGICA

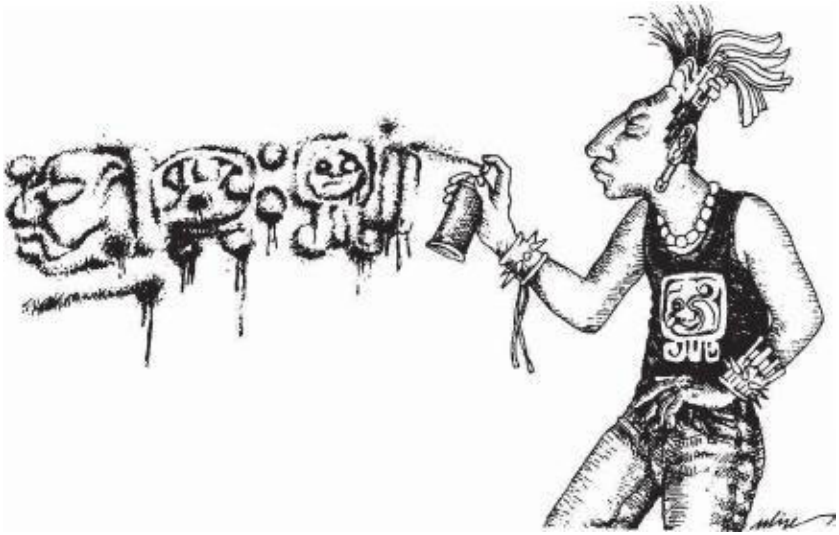
DE TODA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EMPÍRICA

■

Interés de conocimiento/Tema/Objetivo general)			
Enunciados propositivos (Objetivos específicos)	EP1	EP2	EP3
Revisión de la literatura			
Hipótesis	H1	H2	H3
Verificación	V1	V2	V3
Documentación	Observación	Muestra	Experimento
Datos	Datos	Datos	Datos
Resultados/Conclusiones	R1	R2	R3

III. EL REPORTE DE INVESTIGACIÓN

1. FUNCIÓN Y REQUISITOS DEL REPORTE



Mientras que la función de la investigación científica consiste en la producción de conocimiento objetivo, la del reporte de investigación radica en su divulgación. En este sentido, la redacción del reporte de investigación no es una tarea científica propiamente dicha, sino administrativa y de comunicación. Por comunicación o transmisión de conocimientos científicos adquiridos durante el proceso investigativo entendemos su presentación en forma verbal, escrita o electrónica ante una persona o un foro. Las características del receptor del informe —una institución, una persona, un periódico, una revista, la radio, la televisión, un grupo de especialistas, un grupo de aficionados, etcétera— definen el lenguaje, la extensión, el grado de complejidad, el medio, la forma de presentación y los demás parámetros del reporte.

Un ejemplo en cuanto al lenguaje. El investigador mide en el fenómeno de investigación las propiedades, las actividades, los movimientos, las fuerzas, las relaciones o manifestaciones que sean de su interés. Como la ciencia trata de cuantificar esas propiedades

o el comportamiento del fenómeno, el investigador lleva a cabo la medición mediante la combinación de dos elementos principales: las unidades de medición y los números. La combinación de dichos elementos produce enunciados del tipo: la botella contiene 3 litros de agua; la silla "pesa" 5 kilogramos; la temperatura del agua es de 23 grados centígrados, y la mesa tiene una longitud de 1 metro.

Las unidades de medición son convenciones internacionales en las, por ejemplo, que se acuerda llamar a una determinada longitud fija un metro. De este patrón fijo se derivan entonces micro o macromedidas, como en el caso del metro: el centímetro, el milímetro, el kilómetro, etcétera. Otras unidades de medición muy comunes son: el litro (para medir el volumen de líquidos), que corresponde al volumen ocupado por un decímetro cúbico de agua; el peso, que representa la fuerza con que un cuerpo es atraído por la tierra y cuya unidad de medición es el newton (N), que equivale aproximadamente al peso de una masa de 102 gramos, medido al nivel del mar y en un lugar situado a 45 grados de latitud norte.

Todas las unidades de medida antes mencionadas se utilizan básicamente para la cuantificación en las ciencias naturales, cuyos fenómenos de investigación corresponden a propiedades y comportamientos de la materia o de la energía. El estudiante de las ciencias sociales se encontrará con otro tipo de medidas que son, por lo general, coeficientes u otras medidas estadísticas, tales como: tasa de inflación, que mide las variaciones en el nivel medio de precios de determinadas mercancías; tasa de desempleo, que relaciona la cantidad de personas en condiciones y con voluntad de trabajo pero sin empleo, con la población económicamente activa empleada; tasas de suicidios, homicidios, divorcios, mortalidad infantil o maternal, o también patrones para evaluar opiniones y actitudes de personas, potenciales de inteligencia y niveles de conocimiento. El uso de estos términos técnicos será imprescindible en el reporte de investigación, pero la medida en que sean explicados e ilustrados con ejemplos dependerá de la audiencia que recibirá el reporte.

Aunque lo más importante para un científico es el descubrimiento de algún fenómeno o de alguna propiedad desconocida de un fenómeno, la presentación de este descubrimiento tiene su valor

propio, que no debe subestimarse. Cuando la presentación del reporte de investigación es oral es importante ensayarlo varias veces antes y, de preferencia, grabarlo para tener un testimonio más fiel de la calidad de la exposición. En general, el tiempo de la exposición oral será limitado, así que debe hacerse un buen resumen del reporte que se ajuste a esta condición. Como regla puede calcularse que la lectura de una página con 28 renglones y 65 caracteres por renglón, requiere entre 2.5 y 3 minutos. Si el tiempo de exposición permitido es de 10 minutos, el o los expositores sabrán que no deben preparar más de tres páginas, con las características indicadas.

Después de haber calculado de manera realista el tiempo disponible para la presentación oral, su mejor preparación consiste, como decíamos antes, en ensayarlo ante una videocámara o con grabadora, tal como si fuera ya la exposición definitiva. Al escuchar su grabación el alumno se dará cuenta, enseguida, dónde está mal estructurada, si pronuncia mal o bien, si habla demasiado rápido, lento o bajo, etcétera.

Cuando en la exposición oral se habla por micrófono es conveniente: a) probar la calidad del micrófono, antes de que inicie el discurso o evento, y b) que, al comenzar su discurso, el expositor pregunte si el público le entiende bien. Lo mismo vale para el uso de computadora y proyección de imágenes. Si se pretende usar imágenes hay que calcular la distancia entre el espectador más lejano y la imagen, para estar seguro que ésta se ve y es legible para todo el público. Conforme a este requisito tiene que ser el tamaño de la letra en el formato proyector, por ejemplo el PowerPoint. Con frecuencia, el uso de proyectores de imágenes es deficiente en expositores de poca experiencia, ya sea porque las gráficas proyectadas no tienen la calidad necesaria o porque la calidad de la proyección o el tamaño de la imagen proyectada dejan mucho que desear. En estos casos habrá que pensar en medios alternativos. No obstante, siempre que sea permitido utilizar imágenes hay que usarlas, porque su valor didáctico e impacto psicológico es muy superior a una exposición que sólo usa la palabra. Cuando se exponga con PowerPoint es importante no leer textualmente lo que el auditorio ve en la imagen, porque tal exposición sería sumamente aburrida y monótona. Conviene poner sólo los temas principales de

la estructura de la exposición en las imágenes y explicarlos verbalmente, indicando con un puntero láser o un señalizador manual el aspecto que se discute. En muchos casos los expositores mueven constantemente el puntero láser, lo que confunde al auditorio; hay que concentrar su foco solamente en el tema bajo discusión.

Si la investigación fue realizada por un grupo debería ser el grupo entero el que exponga. Esto es conveniente porque la experiencia de presentar el trabajo oralmente ante un público es importante en la socialización académica y personal. El tiempo disponible para la exposición debe repartirse igualitariamente entre los y las participantes; de esta manera el público se da cuenta que el grupo está democráticamente estructurado. Repartir la exposición entre los "mejores" del grupo es una actitud elitista que no debería permitirse en un sistema de enseñanza democrático-crítico.

Pese a que el reporte de investigación puede variar en sus requisitos formales, de institución en institución, podemos dar un esquema general que normalmente cumplirá con los respectivos criterios formales exigidos. El reporte comienza, como es lógico, con la portada. Esta contará con los siguientes elementos.

A. PORTADA

El nombre o los nombres del o los autores; cuando hay un investigador principal se inicia con este nombre y la indicación que es el autor principal del estudio, seguido por los nombres de los demás investigadores.

El título, cargo o status y función del investigador (doctor, ingeniero, alumno del 5o semestre de Economía, jefe de departamento, etcétera).

El contexto institucional en que se realiza la investigación (3er semestre de Biología, universidad, escuela, empresa, etcétera).

Las señales de la institución a que pertenece (Instituto Politécnico Nacional; Universidad Autónoma Metropolitana; Secretaría de

Hacienda; Escuela Normal Superior; Universidad Pedagógica Nacional, entre otras).

El status del trabajo, p. ej.: Reporte de investigación; Tesis presentada a la Facultad de Ciencias Políticas de la Universidad..., para obtener el título de...

El título y, en su caso, el subtítulo del trabajo.

Lugar y fecha de entrega.

Estos son los elementos básicos que debe llevar la portada del reporte. Además, es importante darle una presentación estética porque ésta incide sobre la primera impresión de quien calificará el trabajo. De ahí que la adecuada distribución de esos elementos en la portada, así como la ortografía, la sintaxis, la tipografía que se utilicen y la calidad del papel y de la impresión son aspectos sumamente importantes que se deben cuidar en la elaboración del reporte.

B. PORTADILLA

Después de la portada se deja una hoja en blanco y en la siguiente se repiten los datos de la portada en una hoja que se llama portadilla.

C. AGRADECIMIENTOS

Es opcional poner dedicatorias y agradecimientos pero, en caso de que el alumno decida hacerlo, iría primero la dedicatoria y en una página aparte los agradecimientos, obviamente, ambos después de la portadilla.

D. ÍNDICE

El Índice incluye normalmente este término. Al igual que los capítulos, siempre debe empezar en una página impar. A veces, éste también se coloca al final del reporte. Debajo del término índice siguen en orden jerárquico y con los folios (número de páginas) respectivos:

1. Agradecimientos (si los incluye)

2. Prólogo (si lo tiene)

3. Introducción

4. Capítulos

Dos posibilidades: si hay un protocolo institucional el investigador deberá usarlo, es decir, seguir los pasos que el protocolo prescribe; si no hay un protocolo institucional, entonces seguirá los cinco pasos del método científico:

1) Planteamiento del problema

2) Marco teórico/Revisión teórica

3) Formulación de las hipótesis

4) Verificación de las hipótesis

5) Análisis de resultados y conclusiones

5. Notas bibliográficas

6. Bibliografía usada

7. Anexos

8. Índices onomásticos y/o temáticos (si los hay)

9. Índice, si no se colocó al inicio del reporte.

A la altura de cada capítulo y subcapítulo del índice se indica la página en que comienza. Lo mismo vale para los anexos, eventuales índices onomásticos o temáticos y la bibliografía. Antes de redactar el índice el alumno puede consultar los índices de algunos libros de calidad, para informarse sobre las posibilidades de su presentación, que deben regirse por dos criterios primordiales: la claridad de la estructura y su estética.

Si el reporte es impreso profesionalmente hay que poner los datos específicos de la imprenta (nombre y dirección), así como el título del reporte, la fecha de publicación y el tiraje, o sea, el colofón. El colofón normalmente va en la última página del libro, si bien, a veces, la editorial coloca estos datos en la página legal, al inicio de la obra.

En la Bibliografía las obras se presentan en orden alfabético, de la siguiente forma: 1) el (los) apellido(s) del autor, seguido(s) por su(s) nombre(s); los nombres escritos en castellano se inician con el primer apellido; cuando no hay autor se pone el nombre del editor; cuando hay varios autores se puede citar el primero y agregar et al., que es una abreviación del latín et alii, que indica que hay otros autores. Se ve así: Primer Autor et al., Título de la obra, etcétera; 2) el título del libro, subrayado o en letra itálica (cursiva) y con mayúscula inicial; cuando la fuente citada es un ensayo o un artículo periodístico no se subraya el artículo, sino se entrecomilla; 3) si hay varios tomos del libro, hay que indicar el tomo usado, p. ej., tomo 2; 4) se indica la casa editorial, y cuando el libro ha tenido varias ediciones el número de la edición; 5) el lugar y el año de la publicación. Como ejemplo: Pastrana Moscoso, Prudencio, Rebeliones indígenas en los Altos de Chiapas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1992. Cuando se usan portales de Internet se tienen que indicar con la dirección completa.

Los anexos se enumeran: Anexo 1, 2, 3...; asimismo llevan un título que indica su contenido, por ejemplo: “Tasa de desempleo en la ciudad de México”. Si son tomadas de alguna fuente debe indicarse esa fuente tal como señalamos en el párrafo anterior.

En las notas al pie de página vale el mismo sistema que el mencionado en la sección de bibliografía, con dos diferencias: 1) se enumeran consecutivamente las citas que se usan dentro de cada

capítulo del reporte y 2) se agregan las páginas de las obras citadas (p. ej.: Pastrana Moscoso, Prudencio, Rebeliones indígenas en los Altos de Chiapas, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F., 1992, p. 47). Existen tres opciones para colocar las citas: a) en la misma página donde aparecen, en este caso se puede separar el texto de la nota mediante una pequeña línea divisoria o pleca; b) al final de cada capítulo, y c) al final del texto del libro, en el lugar asignado en el índice.

Frente al modo tradicional de indicar con precisión la obra de la cual se ha tomado la información, hay un método llamado el estilo de Harvard, que es una referencia abreviada (apellido del autor, año de publicación y página) entre paréntesis, que se integra en el texto inmediatamente después del material citado; por ejemplo, (Prescott, 1967: 141). Al encontrarse en la bibliografía del reporte el título del libro, Prescott, Guillermo H., Historia de la Conquista del Perú, Editorial Shapire, Buenos Aires, Argentina, 1967, el lector puede encontrar la cita sin problema alguno en la fuente original. Cuando son varios autores, se pone uno (el principal) y se agrega et al., como explicamos (Prescott et al, 1967: 141). Si el autor ha publicado varias obras en el mismo año y el investigador los menciona en su bibliografía, tiene que enumerarlas con letras (1967a; 1967b; 1967c; etcétera) u otros ordinales para poder diferenciarse la fuente. A veces sucede que en una obra no se especifica la fecha de publicación. En este caso se cita como “s.a.” (sin año).

Los dos modelos para citar:

Nota al pie:

[1] Prescott, Guillermo H., Historia de la Conquista del Perú, Editorial Shapire, Buenos Aires, Argentina, 1967, p. 141.

Método Harvard

En el texto: (Prescott, 1967: 141)

En la bibliografía: Prescott, Guillermo H., Historia de la Conquista

del Perú, Editorial Shapire, Buenos Aires, Argentina, 1967, p. 141.

Para enumerar las páginas se cuentan todas, menos la portada (primera de forros) y la contraportada (cuarta de forros), iniciándose el conteo con la portada de interiores (la portadilla). La portada de interiores, el índice, el inicio de cada capítulo, etcétera, deben comenzar de preferencia en páginas nones, porque estas dan una impresión óptica más fuerte que las páginas pares. La enumeración (folios) de las páginas se inicia por lo regular en la introducción o el prólogo y se termina en la última página del reporte. El índice entra en el conteo de las páginas, pero normalmente no se imprime el número. Por lo anteriormente expuesto, la enumeración de un libro comienza, por lo regular, en la página 7, 9 u 11, dependiendo, si hay agradecimientos, dedicatorias, etcétera.

2. FUNCIÓN Y REQUISITOS DE LA INTRODUCCIÓN

Al contrario de lo que un principiante podría pensar o lo que el término introducción parece indicar, la introducción del reporte (o de un libro) se escribe al final del trabajo. De hecho, la introducción es un resumen o una sinopsis de todo el proceso de investigación. Su forma concreta depende del receptor para el cual se redacta; sin embargo, podemos mencionar algunos elementos que forman parte de la misma.

En general, no se le da un título propio y sólo se le intitula "Introducción", tampoco se agregan subtítulos o imágenes en ella. No es común que se usen muchas citas, si bien no hay alguna regla que lo prohíba. Su extensión varía, pero casi siempre oscila entre tres y siete cuartillas. Para identificar al autor de la introducción se pone su nombre al final de la misma o, si se prefiere, en el renglón encima o debajo del término introducción.

El primer elemento de la introducción es el tema de la investigación (1), al cual seguirían los motivos, es decir, por qué se realizó (2), y los objetivos de su realización (3); la mayoría de las veces, el motivo del trabajo será una obligación o un encargo institucional o un interés de conocimiento privado. Cuando se trata de un trabajo institucional conviene mencionar el nombre de la institución.

Enseguida podría exponerse el lugar de la investigación en la discusión científica (4); es decir, ubicarla dentro de los diferentes enfoques o posiciones que sobre el tema de investigación existen actualmente, sin extenderse demasiado. Aquí el alumno puede apoyarse en lo que hemos discutido en esta obra en la parte II., 2. Para los novatos esto puede ser algo difícil, ya que su conocimiento de la literatura pertinente es escaso.

Una breve referencia sobre la metodología utilizada para alcanzar los objetivos iniciales constituiría el paso siguiente (5). Un conciso relato del proceso de investigación, tal como efectivamente se dio

(los cinco pasos) en la praxis, con sus avances, contratiempos, errores y modificaciones, es el sexto elemento (6) y después los resultados obtenidos (7). Con estos siete elementos puede terminarse la introducción. Empero, opcionalmente, se pueden agregar propuestas para futuras investigaciones sobre la temática (8) y/o agradecimientos (9), salvo que estos últimos se hayan hecho en una página particular. Más allá de estos elementos formales es importante que el alumno procure lograr que la redacción de la introducción sea concisa y clara.

Conviene decir algunas palabras sobre lo que suele llamarse “la justificación del tema”, ya que es una incógnita para muchos principiantes porque no saben cómo, ni por qué hay que justificar una investigación científica. Y tienen razón. La intención de hacer cualquier investigación científica no requiere más justificación que la curiosidad o el interés de descubrir algo nuevo y la calificación para hacerlo. Descubrir nuevos conocimientos es un derecho inherente a cualquier persona en una sociedad democrática y nadie tiene, por lo tanto, que justificarlo. Justificar una investigación no es, a diferencia de la calificación individual, un requisito científico, sino social impuesto por una persona o una institución que financia la investigación.

La “justificación” de los gastos de la investigación frente a la institución financiadora consiste, generalmente, en una “promesa” de producir nuevos e importantes conocimientos, que le serán útiles en términos de prestigio o ganancia a la persona/institución que proporciona los recursos financieros y materiales. Esta promesa puede cumplirse o no, debido a que una investigación científica siempre es un viaje en busca de la terra incognita, cuya suerte, a veces, depende de factores del azar.

La historia de la ciencia nos muestra, por ejemplo, que algunos descubrimientos científicos importantes no se dieron en cumplimiento del objetivo inicial del estudio, sino como producto inesperado y colateral, como en el caso del descubrimiento de la penicilina por Alexander Fleming.

Por lo tanto, la justificación de una investigación científica no resulta primordialmente del éxito de la hipótesis, aunque esto siempre es deseable, sino del hecho de haberse lanzado a la

excitante aventura de la ciencia y de haber avanzado con creatividad, rigor metodológico y responsabilidad social en la construcción del conocimiento objetivo que nos puede liberar de los flagelos de la naturaleza y las injusticias de la sociedad civil y política del presente.

3. EL ABSTRACT

En los años recientes en la literatura científica internacional se ha establecido la institución del abstract. El abstract es un breve resumen de un reporte de investigación, de una ponencia (paper), de un ensayo o de una tesis científica, que va a la cabeza de un artículo que se pretende publicar en revistas científicas. El abstract sigue inmediatamente después del título de la obra, del nombre del autor y de una dirección del autor, antecediendo a la introducción. Con frecuencia se distingue gráficamente el abstract de la introducción, usándose una tipografía diferente o presentándolo en un bloque de menor ancho que el cuerpo del texto que le sigue. La longitud del abstract varía, por lo general, de cien a quinientas palabras. Su función consiste en permitir que otros investigadores o lectores puedan juzgar con facilidad y rapidez si el texto completo —que es resumido por el abstract— es de utilidad para sus investigaciones o no.

Los pasos o la estructura del abstract siguen esencialmente la lógica del protocolo de investigación, enfatizando los nuevos conocimientos producidos. Por lo mismo, tiene la siguiente estructura:

—Título/tema de investigación

—Autor

—Institución y/o dirección

—La palabra Abstract

—El tema (fenómeno) y propósito de la investigación

—El propósito o la hipótesis principal del trabajo

—Los métodos de verificación de la hipótesis

—Las conclusiones de la investigación, eventualmente con recomendaciones

—Los conceptos clave (keywords) usados en la investigación que pueden ir al final o inicio del Abstract.

Ejemplo de un abstract en español:

Heinz Dieterich

Universidad Autónoma Metropolitana

hdieterich@gmail.com

¿Depende la sociedad postcapitalista de la propiedad sobre los medios de producción?

Abstract

El ensayo parte de la relación constitutiva entre la ganancia, la propiedad y el precio, en las economías de mercado, para abordar posteriormente la interacción entre el dinero, el precio de mercado y la monetarización del valor de trabajo, así como la eficiencia logística del mercado. El análisis del planteamiento de Hegel sobre el carácter antiético del mercado, de las debilidades fundamentales del socialismo del siglo XX y de la deficiente cibernética de los mercados, fundamenta la hipótesis principal de que una economía democráticamente planeada puede ser más eficiente en el siglo XXI que la planeación vía el mercado. La concretización de esa hipótesis se realiza mediante la definición del modo de producción del socialismo del siglo XXI y los posibles modelos de transición hacia el poscapitalismo. El ensayo termina con la explicación de la democracia participativa en la sociedad poscapitalista.

Palabras clave: sociedad poscapitalista, propiedad sobre los medios de producción, planeación económica, mercado, socialismo del siglo XXI.

Ejemplo de un abstract en inglés:

By Cheng Enfu and Xin Xiangyang

Translated by liu Zixu

Email:.....

Fundamental Elements of the China Model

Abstract

The present study takes as its departure point theoretical reflections on the concept of “model” for a discussion of the China model in particular, a model that has attracted increasing attention all over the world due to China’s dramatic development. It surveys the origin and major conceptualizations of the China model in both the Chinese and the international context and presents on that basis a series of fundamental constituents of the China model in relation to the country’s economic, political, cultural and social development. Its central point is that the China model expresses socialism with chinese characteristics, and therefore constitutes a developing country model with qualities that are specific to the Chinese context.

Key words: China model, socialism with chinese characteristics.

BIBLIOGRAFÍA

Academia de Ciencias de la URSS, Metodología del conocimiento científico, Ediciones Quinto Sol, México, s.a.

Arthur Beiser, Conceptos de física moderna, McGraw-Hill, 2a ed., México, 1994.

Bhattacharyya, Gouri; Johnson, Richard, Statistical concepts and methods, John Wiley & Sons, Nueva York, Estados Unidos, 1977.

Bonvecchio Claudio, El mito de la universidad, Siglo XXI Editores, 3a ed., México, 1994.

Bunge, Mario, La investigación científica: su estrategia y su filosofía, Ariel, España, 1976.

Bunge, Mario, Causalidad: el principio de causalidad en la ciencia moderna, Editorial Universitaria de Buenos Aires, Argentina, 1978.

Bunge, Mario, Seudociencia e ideología, Alianza Editorial, 2a ed., México, 1986.

D'Abro, A., The evolution of scientific thought. From Newton to Einstein, Dover Publications, Nueva York, 1950.

Dion Martínez, Carlos, Curso de lógica, McGraw-Hill, México, 1976.

Eco, Umberto, Cómo se hace una tesis, Gedisa, España, 1994.

Félix Estrada, Alejandro, et al., Lecciones de física, Cecsa, México, 1994.

Frazer, James George, The golden bough, Macmillan Publishing Co., Nueva York, 1978.

Fresan, Magda, El perdedor iluminado, Pangea/Conaculta, México, 1991.

García Pérez, Andrés, Elementos de método estadístico, UNAM, México, 1978.

Geier, Manfred, Der Wiener Kreis, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1992.

Gell-Mann, Murray, The quark and the jaguar, Abacus Time Warner Book Group, Londres, 1994.

Hawking, Stephen, A brief history of time: From the Big Bang to Black Holes, Bantam Books, Nueva York, Estados Unidos, 1990.

Heisenberg, Werner, Das Naturbild der heutigen Physik, Rowohlt Taschenbuecher, Alemania, 1967.

Hemleben, Johannes, Darwin, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1968.

Hempel, Carl Gustav, Philosophie der Naturwissenschaften, dtv, 2a ed., München, Alemania, 1977.

Hermann, Armin, Planck, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1972.

Hermann, Armin, Heisenberg, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1976.

Kedrov, M.B./Spirkin, A, La ciencia, Grijalbo, México, 1978.

Ksoll, P./Voegtle, F., Marie Curie, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1988.

Martí, José, Nuestra América, Centro de Estudios Martianos/Casa de las Américas, Cuba, 1991.

Medawar, Peter B., Consejos a un joven científico, Fondo de Cultura Económica, México, 1992.

Otero, Carlos, La revolución de Chomsky: ciencia y sociedad, Tecnos, España, 1984.

Pardinas, Felipe, Metodología y técnicas de investigación en ciencias sociales, Siglo XXI Editores, México, 1991.

Piaget, Jean, Lógica y conocimiento científico: naturaleza y métodos de la epistemología, Editorial Proteo, Buenos Aires, Argentina, 1970.

Richmond, Samuel, Statistical Analysis, The Royal Press Company, Nueva York, Estados Unidos, 1957.

Ritsert, J./Becker, Egon, Grundzuege sozialwissenschaftlich-statistischer argumentation, Westdeutscher Verlag, Opladen, Alemania, 1971.

Rojas Soriano, Raúl, Guía para realizar investigaciones sociales, UNAM, México, 1977.

Rosenblueth, Arturo, El método científico, Prensa Médica Mexicana/Cinvestav, 15a ed., México, 1995.

Tecla, Alfredo, Teoría, métodos y técnicas en la investigación social, Ediciones Taller Abierto, México, 1993.

Tena Suck, Edgar A./Turnbull Plaza, Bernardo, Manual de investigación experimental, Plaza y Valdés, México, 1994.

Trabulse, Elías, La ciencia en el siglo XIX, Fondo de Cultura Económica, México, 1987.

Wickert, Johannes, Einstein, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1972.

Wickert, Johannes, Issac Newton, Rowohlt, Reinbek bei Hamburg, 1995.

Zubieta Russi, Gonzalo, Lógica elemental, Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, México, 1973.

ANEXOS

ANEXO 1

DEFINICIONES METODOLÓGICAS

La investigación científica se puede entender como la actividad sistemática humana que, mediante el método científico y fundamentada en el saber de las ciencias existentes, procura generar nuevos conocimientos objetivos sobre los fenómenos de la realidad natural y social, en las dimensiones del macrocosmos, mesocosmos y microcosmos.

Las siguientes definiciones metodológicas son una ayuda para dominar esta actividad. Sin embargo, por sí solas, no pueden resolver los problemas metodológicos y epistemológicos que aparecen en el transcurso de la investigación. En la resolución de estos problemas es imprescindible la ayuda del maestro.

Def. 1. El planteamiento del problema es la delimitación clara y precisa (sin ambigüedades) del fenómeno (objeto) de investigación, realizada por medio de preguntas, lecturas, trabajo manual, encuestas piloto, entrevistas, etcétera.

La delimitación se realiza mediante ocho pasos: 1) la formulación preliminar del tema o título de la investigación; 2) la delimitación del fenómeno (objeto, título) de investigación en el espacio físico-geográfico; 3) su delimitación en el tiempo; 4) su delimitación semántica, es decir, el análisis de los significados de sus principales conceptos por medio de enciclopedias, Internet y textos especializados; 5) la definición de los objetivos de la investigación mediante los enunciados de propósito; 6) la determinación de los recursos disponibles; 7) la ruta crítica; 8) la formulación definitiva del título de la investigación.

La función del planteamiento del problema consiste en indicarle al

investigador si su proyecto de investigación es viable dentro de sus tiempos y recursos disponibles.

Def. 2. El fenómeno (objeto) de investigación es un aspecto de la realidad en el cual se concentra nuestro interés de conocimiento y que no puede describirse o explicarse en forma inmediata o sin utilización de la teoría.

Def. 3. El enunciado de propósito expresa, en forma breve, cuál es la intención de conocimiento científico del investigador respecto al fenómeno de investigación. Resume en forma concisa (en una frase) el resultado de las reflexiones del planteamiento del problema.

Def. 4. El marco teórico es el resultado de la selección de teorías, conceptos, conocimientos y métodos científicos, que el investigador requiere para describir y explicar objetivamente el fenómeno de investigación en su estado histórico, actual o futuro.

Def. 5. El marco histórico es la selección de conocimientos sobre el fenómeno de investigación que el investigador considera pertinente para describir (relatar) su pasado. Esa retrospectiva toma como punto de partida la fecha de delimitación del fenómeno en el tiempo, realizada en el planteamiento del problema.

Def. 6. La descripción científica del fenómeno es la actividad que de acuerdo con el marco teórico reproduce conceptualmente y, si es posible, en forma cuantitativa las propiedades del fenómeno de investigación que, conforme al interés de conocimiento del investigador, se consideran las principales.

Def. 7. Una hipótesis empírica es una proposición científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico, hace una afirmación o negación sobre un fenómeno de la realidad. Esa afirmación o negación es verificable o falsificable mediante datos pertinentes obtenidos conforme a los estándares de medición científicos. A veces se le llama a esta hipótesis "hipótesis de trabajo".

Def. 8. Una hipótesis de constatación (de primer grado) es una proposición científica (un enunciado) que, con base en el conocimiento científico, establece (constata) la presencia o ausencia de un fenómeno o de una propiedad (característica) de un fenómeno. A este fenómeno o

propiedad (característica) metodológicamente la llamamos la variable contrastable.

Ejemplos: “El 50 por ciento de los estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México son mujeres”; “Un dólar estadounidense es equivalente a 19 pesos mexicanos”; “La persona A tiene infección del VIH”.

Def. 9. La hipótesis causal (segundo grado) es una conjetura científica (un enunciado) que, con fundamento en el conocimiento científico, explica una relación de dependencia causal entre dos o más variables del fenómeno de investigación.

De las dos variables de la hipótesis, una se denomina variable independiente y la otra variable dependiente. La variable independiente es la que entendemos como la causa del fenómeno; la variable dependiente es el efecto (la consecuencia). Hay dos diferencias principales entre la causa y el efecto: 1) la causa antecede al efecto en el tiempo, y 2) produce, efectivamente, el efecto. Algunos ejemplos: “El calor dilata los cuerpos”; “La sequía en la primavera de 1996 en México produjo gran mortalidad entre el ganado”; “La capacidad pedagógica del maestro incide positivamente sobre el aprendizaje del alumno”.

Este tipo de hipótesis debe tener la forma lógica: Si x..., entonces y...; es decir, debe ser una proposición condicional en la que la causa o variable independiente aparece después del “si” y el efecto o variable dependiente después del “entonces”.

Para llegar a esta forma lógica se recomienda proceder en dos pasos. Primero se utiliza la forma de una proposición o enunciado afirmativo; por ejemplo: “El calor dilata los cuerpos”. En el segundo paso se convierte este enunciado en una proposición o enunciado condicional compuesto por dos proposiciones y la expresión: si - entonces. Como ejemplo: “Si se aplica calor a un cuerpo, entonces este cuerpo se dilata”.

Def. 10. La hipótesis de relación estadística o asociación (tercer grado) es una conjetura científica (un enunciado) que, con base en el conocimiento científico, explica una relación de dependencia estadística (o correlación) entre dos o más variables del fenómeno de investigación.

La diferencia fundamental con la hipótesis causal es que la variable independiente y la dependiente pueden invertir su lugar, lo que no es posible en la hipótesis causal. Como ejemplo, "A mayor nivel educativo, mayor ingreso"; de forma inversa, "A mayor ingreso, mayor nivel educativo".

Def. 11. La hipótesis nula (null hypothesis) es un enunciado científico que niega la propiedad o existencia de un fenómeno o una relación de covarianza (causa-efecto; estadística) entre dos variables o, en general, una relación entre dos fenómenos medidos científicamente, que el investigador considera probable. Su rechazo a través de los datos obtenidos (experimentos, muestras, etcétera) refuerza la probabilidad de que la hipótesis original o de trabajo sea correcta. La hipótesis nula es la negación, con fines de prueba estadística, de la hipótesis. Por ende, no se puede formular antes de haber elaborado sólidamente la hipótesis. En muchas investigaciones no se precisa de esa hipótesis. Ejemplo de una hipótesis nula: "El calor no dilata a los cuerpos".

Def. 12. La hipótesis alternativa se formula cuando los datos de la comprobación de la hipótesis nula demuestran que ésta es falsa. Por lo general coincidirá con la hipótesis original o una modificación de la misma.

Def. 13. La verificación de la hipótesis es la actividad que por medio de los datos aportados por la observación, la experimentación, la documentación sistemática y/o la muestra representativa o el censo comprueba (demuestra) si una hipótesis es verdadera o falsa.

Def. 14. El análisis de resultados es la interpretación científica cuantitativa y cualitativa de los datos empíricos obtenidos en el proceso de verificación de las hipótesis. Esta interpretación, adecuadamente realizada, permite entender el verdadero significado y alcance de comprobación de los datos obtenidos. Sobre esta base de comprensión se pueden comparar los datos con el pronóstico de las hipótesis.

Def. 15. La conclusión es una inferencia (juicio) sobre la verdad o falsedad de una hipótesis, basada en la comparación de los datos (resultados) empíricos obtenidos durante la verificación —e interpretados adecuadamente— con la hipótesis. La conclusión nace de la comparación del modelo de comportamiento o de las propiedades del fenómeno de investigación, pronosticados (predichos) en la hipótesis,

con su realidad empírica constatada o medida sistemáticamente durante la verificación. En otras palabras, la conclusión resulta de la comparación entre un pronóstico (hipótesis) y su realidad medida cuantitativa y/o cualitativamente.

Def. 16. El resumen de la investigación es una reflexión sobre los objetivos iniciales, métodos usados, obstáculos y conclusiones a lo largo del proceso de investigación que puede figurar como último punto del quinto capítulo del reporte de investigación o como introducción al reporte de investigación.

ANEXO 2

TABLA ALEATORIA

Table 14

5000 Random digits

00000	10097	32533	26520	73586	34673	54876	80959	09117	39292	74945
00001	37542	04805	64894	74296	24805	24037	20636	10402	00822	91665
00002	08422	68953	19645	09303	23209	02560	15953	34764	35080	33606
00003	99019	02529	09376	70715	38311	31165	88676	74397	04436	27659
00004	12807	99970	80157	36147	64032	36653	98951	16877	12171	76833
00005	66065	74717	34072	76850	36697	36170	65813	39885	11199	29170
00006	31060	10805	45571	82406	35303	42614	86799	07439	23403	09732
00007	85269	77602	02051	65692	68665	74818	73053	85247	18623	88579
00008	63573	32135	05325	47048	90553	57548	28468	28709	83491	25624
00009	73796	45753	03529	64778	35808	34282	60935	20344	35273	88435
00010	98520	17767	14905	68607	22109	40558	60970	93433	50500	73998
00011	11805	05431	39808	27732	50725	68248	29405	24201	52775	67851
00012	83452	99634	06288	98083	13746	70078	18475	40610	68711	77817
00013	88685	40200	86507	58401	36766	67951	90364	76493	29609	11062
00014	99594	67348	87517	64969	91826	08928	93785	61368	23478	34113
00015	65481	17674	17468	50950	58047	76974	73039	57186	40218	16544
00016	80124	35635	17727	08015	45318	22374	21115	78253	14385	53763
00017	74350	99817	77402	77214	43236	00210	45521	64237	96286	02655
00018	69916	26803	66252	29148	36936	87203	76621	13990	94400	56418
00019	09893	20505	14225	68514	46427	56788	96297	78822	54382	14598
00020	91499	14523	68479	27686	46162	83554	94750	89923	37089	20048
00021	80336	94598	26940	36858	70297	34135	53140	33340	42050	82341
00022	44104	81949	85157	47954	32979	26575	57600	40881	22222	06413
00023	12550	73742	11100	02040	12860	74697	96644	89439	28707	25815
00024	63606	49329	16505	34484	40219	52563	43651	77082	07207	31790

00025	61196	90446	26457	47774	51924	33729	65394	59593	42582	60527
00026	15474	45266	95270	79953	59367	83848	82396	10118	33211	59466
00027	94557	28573	67897	54387	54622	44431	91190	42592	92927	45973
00028	42481	16213	97344	08721	16868	48767	03071	12059	25701	46670
00029	23523	78317	73208	89837	68935	91416	26252	29663	05522	82562
00030	04493	52494	75246	33824	45862	51025	61962	79335	65337	12472
00031	00549	97654	64051	88159	96119	63896	54692	82391	23287	29529
00032	35963	15307	26898	09354	33351	35462	77974	50024	90103	39333
00033	59808	08391	45427	26842	83609	49700	13021	24892	78565	20106
00034	46058	85236	01390	92286	77281	44077	93910	83647	70617	42941
00035	32179	00597	87379	25241	05567	07007	86743	17157	85394	11838
00036	69234	61406	20117	45204	15956	60000	18743	92423	97118	96338
00037	19565	41430	01758	75379	40419	21585	66674	36806	84962	85207
00038	45155	14938	19476	07246	43667	94543	59047	90033	20826	69541
00039	94864	31994	36168	10851	34888	81553	01540	35456	05014	51176
00040	98086	24826	45240	28404	44999	08896	39094	73407	35441	31880
00041	33185	16232	41941	50949	89435	48581	88695	41994	37548	73043
00042	80951	00406	96382	70774	20151	23387	25016	25298	94624	61171
00043	79752	49140	71961	28296	69861	02591	74852	20539	00387	59579
00044	18633	32537	98145	06571	31010	24674	05455	61427	77938	91936
00045	74029	43902	77557	32270	97790	17119	52527	58021	80814	51748
00046	54178	45611	80993	37143	05335	12969	56127	19255	36040	90324
00047	11664	49883	52079	84827	59381	71539	09973	33440	88461	23356
00048	48324	77928	31249	64710	02295	36870	32307	57546	15020	09994
00049	69074	94138	87637	91976	35584	04401	10518	21615	01848	76938
00050	09188	20097	32825	39527	04220	86304	83389	87374	64278	58044
00051	90045	85497	51981	50654	94938	81997	91870	76150	68476	64659
00052	73189	50207	47677	26269	62290	64464	27124	67018	41361	82750
00053	75768	76490	20971	87749	90429	12272	95375	05871	93823	43178
00054	54016	44056	66281	31003	00682	27398	20714	53295	07706	17813

Fuente: se reproduce con autorización de John Wiley & Sons, Nueva York, de la obra Statistical concepts and methods, p. 623.

ANEXO 3

ÁREAS Y ORDENADAS DE LA CURVA NORMAL

*Table of areas and ordinates of the normal curve**

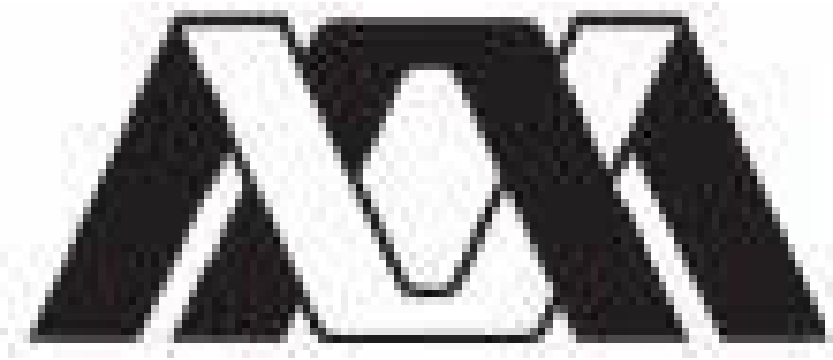
Table of Areas Column (2) Shows Table of Ordinates Column (3) Shows

$\frac{X-\mu}{\sigma}$	*Area under the curve between* μ *and* X	*Ordinate* (Y) *of the curve at* X	$\frac{X-\mu}{\sigma}$	*Area under the curve between* μ *and* X	*Ordinate* (Y) *of the curve at* X
(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
.00	.00000	.39894	.20	.07926	.39104
.01	.00399	.39892	.21	.08317	.39024
.02	.00798	.39886	.22	.08706	.38940
.03	.01197	.39876	.23	.09095	.38853
.04	.01595	.39862	.24	.09483	.38762
.05	.01994	.39844	.25	.09871	.38667
.06	.02392	.39822	.26	.10257	.38568
.07	.02790	.39797	.27	.10642	.38466
.08	.03188	.39767	.28	.11026	.38361
.09	.03586	.39733	.29	.11409	.38251
.10	.03983	.39695	.30	.11791	.38139
.11	.04380	.39654	.31	.12172	.38023
.12	.04776	.39608	.32	.12552	.37903
.13	.05172	.39559	.33	.12930	.37780
.14	.05567	.39505	.34	.13307	.37654
.15	.05962	.39448	.35	.13683	.37524
.16	.06356	.39387	.36	.14058	.37391
.17	.06749	.39322	.37	.14431	.37255
.18	.07142	.39253	.38	.14803	.37115
.19	.07535	.39181	.39	.15173	.36973

* Fuente: J.F. Kenney y E.S. Keeping, Mathematics of statistics, Copyright 1954, D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton, N.J.

ANEXO 4

EJEMPLO DE CUESTIONARIO



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA

METROPOLITANA-xOCHIMILCO

TRONCO INTERDIVISIONAL TRIMESTRE 92/P

Somos alumnos del grupo TI-60, turno vespertino. Estamos realizando nuestra investigación trimestral sobre el tema de la sexualidad, para lo cual solicitamos tu apoyo y colaboración. Como este cuestionario es anónimo, te pedimos que no pongas tu nombre y contestes con sinceridad.

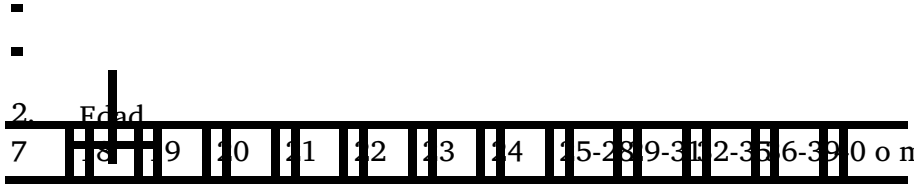
Agradecemos tu ayuda en la realización de esta investigación.

Instrucciones: Marca con una X tu respuesta en el paréntesis correspondiente.

CUESTIONARIO MUJERES

■

1. ¿En qué turno estás?
( ) De 8 a.m. a 11 a.m.
( ) De 11 a.m. a 2 p.m.
( ) De 4 p.m. a 8 p.m.


2.
Edad
7
18
19
20
21
22
23
24
25-28
29-31
32-35
36-39
40 o más

-
-

3. Estado civil
( ) Soltera ( ) Casada ( ) Unión libre ( ) D
( ) Viuda
4. ¿Viven tus padres?
( ) Ambos ( ) Ninguno ( ) Padre ( ) Madre
5. ¿Trabajas por una remuneración?
( ) Sí ( ) No
6. Si contestaste sí, ¿cuánto tiempo trabajas
( ) Tiempo completo ( ) Medio tiempo
7. ¿En qué trabajas?
( ) Educación ( ) Comercio ( ) Trabajo ma
( ) Profesionista Otro _____
8. ¿Con quién vives?
( ) Mis padres ( ) Padre ( ) Madre ( ) Pare
( ) Parientes ( ) Amigos ( ) Solo
9. ¿Trabaja tu padre?
( ) Sí ( ) No
10. Si contestaste sí, ¿en qué trabaja tu padre
( ) Educación ( ) Comercio ( ) Trabajo ma
( ) Profesionista Otro
11. ¿Trabaja tu madre fuera del hogar?
( ) Sí ( ) No
12. Si contestaste sí, ¿en qué trabaja? _____
( ) Educación ( ) Comercio ( ) Trabajo ma
( ) Profesionista Otro
13. ¿Tu padre te quiere?
( ) Mucho ( ) Regular ( ) Poco ( ) Nada
14. ¿Tu madre te quiere?
( ) Mucho ( ) Regular ( ) Poco ( ) Nada
15. ¿Sabes qué significa fellatio?
( ) Sí ( ) No
16. ¿Quién es la parte activa en el fellatio?
( ) Ambos ( ) Yo ( ) Ninguno ( ) Mi pareja
17. ¿Sabes qué significa cunnilingus?
( ) Sí ( ) No
18. ¿Quién es la parte activa en el cunnilingu
( ) Ambos ( ) Yo ( ) Ninguno ( ) Mi pareja

19. ¿Cómo viven tus padres?
( ) Casados y juntos ( ) Casados y separad
20. ¿Quién se separó?
( ) Padre ( ) Madre ( ) Ambos
21. ¿Quieres a tus padres?
( ) Ambos por igual ( ) Más a mi padre ( )
22. ¿Has tenido educación sexual?
( ) Sí ( ) No
23. Si contestaste sí, ¿la consideras adecuada
( ) Sí ( ) No
24. ¿Es una meta casarte?
( ) Sí ( ) No
25. ¿Has tenido relaciones sexuales?
( ) Sí ( ) No
26. Para ti ¿es importante lo sexual?
( ) Mucho ( ) Bastante ( ) Poco ( ) Nada
27. ¿Debería llegar el hombre con experienci
( ) Sí ( ) No
28. ¿Tienes relaciones sexuales actualmente?
( ) Sí ( ) No
29. Si contestaste sí, ¿con quién?
( ) Con mi pareja ( ) Con otra persona
( ) Con mi pareja y otra persona
30. ¿Obligarías a tus hijos varones a ayudar e
( ) Sí ( ) No
31. Tus relaciones sexuales son:
( ) Con personas del sexo opuesto
( ) Con personas del mismo sexo
( ) Con personas de ambos sexos
32. ¿Se ve mal que una mujer esté sola en un
( ) Sí ( ) No
33. ¿Cuándo tienes relaciones sexuales usas a
( ) Sí ( ) No
34. Si contestaste sí, ¿cuál usas generalmente
35. Manosear a mujeres es:
( ) Falta de respeto ( ) Broma ( ) Agresión
36. ¿En qué ocasiones te masturbas?
( ) Cuando no tengo relaciones sexuales
( ) Cuando me siento solo
( ) No me masturbo

( ) Cuando mis relaciones sexuales no son

37. ¿Practicas el sexo oral?
( ) Sí ( ) No

38. Si contestaste sí, ¿con quién?
( ) Con mi pareja ( ) Fuera de la pareja ( )

39. ¿Te gusta el sexo oral?
( ) Sí ( ) No

40. ¿Quién es más infiel en una relación de p
( ) Hombre ( ) Mujer ( ) Ambos ( ) Ningu

41. ¿Qué sexo te gustaría que tuviera tu prim
( ) Niña ( ) Niño ( ) Me es indiferente

42. Con 1, 2, 3, 4 enumera en orden de impo
( ) Placer
( ) Amor
( ) Asegurar la relación
( ) Busco experiencias nuevas

43. ¿Qué sientes cuando tu pareja muestra in
( ) Me disgusta ( ) No me importa ( ) Me

44. ¿La mujer pierde valor cuando no llega v
( ) Sí ( ) No

45. ¿Cuál es la posición sexual más normal?
( ) Hombre sobre la mujer ( ) De lado/ca
( ) Mujer sobre el hombre

46. ¿Quién paga cuando sales con tu pareja?
( ) Mi pareja ( ) Ambos ( ) Yo

47. ¿La violación justifica el aborto?
( ) Sí ( ) No

48. ¿Has amado alguna vez?
( ) Sí ( ) No

49. ¿Te gustan las películas románticas?
( ) Sí ( ) No ( ) Me son indiferentes

50. Cuando la mujer soltera se embaraza, ¿qu
( ) La mujer embarazada ( ) Los padres
( ) Quien la embaraza ( ) El Estado ( ) La

51. ¿Quién tiene mayores necesidades sexual
( ) Mujer ( ) Hombre ( ) Ambos ( ) No sé

52. ¿Tu familia permitiría que tuvieras antic
( ) Sí ( ) No

53. ¿Qué actitud tomas cuando tu pareja no
( ) Le obligo ( ) Me disgusto ( ) Le estimu

( ) Platico al respecto ( ) No insisto

54. ¿Con quién comentas los problemas de tu
( ) Padre ( ) Amigo ( ) Madre ( ) Ambos p
( ) Hermanos ( ) Mi pareja ( ) Parientes (

55. ¿Te gustaría que tu pareja fuera casto? ( )

56. ¿Te importaría que tu pareja tuviera rela
( ) Sí ( ) No

57. ¿Puede existir amistad sin sexo?
( ) Sí ( ) No

58. ¿Has sufrido alguna violación sexual?
( ) Sí ( ) No

59. ¿Es la masturbación un complemento en
( ) Sí ( ) No

60. En caso de que uses anticonceptivos, ¿qu
( ) Yo ( ) Mi pareja ( ) Ambos ( ) Otros

61. Una amistad homosexual:
( ) Me desprestigiaría ( ) No me afectaría

62. ¿Te gustaría que tu pareja tuviera una ac
( ) Sí ( ) No

63. Sólo para personas no casadas. ¿Qué reac
( ) Estarían en contra ( ) Serían indiferent
( ) Estarían de acuerdo ( ) Tratarían de in

64. ¿Hablas con tu pareja sobre tu vida sexua
( ) Mucho ( ) En forma limitada ( ) Nada

65. Si tienes relaciones sexuales actualmente
( ) Sí ( ) No ( ) A veces

66. ¿Tienes amigas que han sido violadas?
( ) Sí ( ) No ( ) No sé

67. Si contestaste sí, ¿se denunció esa violaci
( ) Sí ( ) No ( ) No sé

68. En caso de que no se haya denunciado, ¿
( ) Por pena ( ) El agresor era de la famili
( ) Se consideró a la víctima culpable
( ) Por temor a represalias

69. ¿Quién fue el violador?
( ) Un conocido ( ) Un desconocido ( ) Un

70. ¿Con qué frecuencia tienes relaciones sex
0 1-5 6-10 11-15 16 o más

71. ¿Cuando no tienes pareja, tienes relacion
( ) Sí ( ) No

72. ¿Tu pareja te estimula lo suficiente cuand
( ) Sí ( ) No ( ) A veces
73. ¿Tu pareja es celosa?
( ) Sí ( ) No
74. Si tu pareja te cela:
( ) Me agrada ( ) Me molesta ( ) Me depri
( ) No me importa ( ) Me desquito
75. Si te embarazas sin desearlo, ¿qué harías
( ) Me casaría ( ) Buscaría el aborto ( ) Ac
76. La masturbación es:
( ) Una práctica sexual normal ( ) Una de
77. Con 1, 2, 3,... enumera en orden de impo
( ) Amor a los niños
( ) Consolidar la relación
( ) Perpetuar el nombre
( ) Por soledad
( ) Para realizarse
( ) Por razones religiosas
( ) Por tradición
78. ¿Qué te parecería si tu pareja ganara más
( ) Me parecería bien ( ) Me molestaría (
79. ¿Dónde haces el amor comúnmente?
( ) Mi casa ( ) En el coche ( ) Casa de mi
( ) Baño público Otro _____
80. ¿Con el paso del tiempo has perdido inter
( ) Sí ( ) No ( ) Algo
81. Cuando tienes relaciones sexuales tus org
( ) Siempre ( ) A veces ( ) Rara vez ( ) Nu
82. ¿Tienes amigas que han tenido un aborto
( ) Sí ( ) No
83. Si contestaste sí, ¿cuántos abortos han te
_____ _____
84. ¿Has tenido algún aborto?
( ) Sí ( ) No
85. ¿Por qué hay más hombres en puestos di
( ) Tienen más capacidad ( ) Están más p
( ) Por tradición ( ) Por machismo
86. Con 1,2,3,... enumera en orden de import
( ) Por amor
( ) Por independizarse

( ) Por tradición
( ) Por miedo a la soledad
( ) Por realizarse
( ) Por interés económico
( ) Por presiones sociales

87. ¿Has sido golpeada siendo mayor de edad
( ) Sí ( ) No

88. Si contestaste sí, ¿por quién?

89. ¿Quién hace las labores domésticas en tu
( ) Madre ( ) Hermanas ( ) Empleada dom
( ) Madre y hermanas ( ) Mi pareja y yo (
( ) Toda la familia ( ) Toda la familia mer

90. La masturbación de la mujer es:
( ) Normal ( ) Anormal

91. ¿Qué significan las siglas SIDA ? _____

92. ¿Cómo se contagia el SIDA ? _____

93. En el contacto sexual el único medio prev
( ) Sí ( ) No

94. ¿El surgimiento del SIDA ha influenciado
( ) Sí ( ) No

95. Si contestaste sí, ¿en qué forma? _____

96. ¿Los enfermos de SIDA deberían estar ais
( ) Sí ( ) No

ANEXO 5

LA MAYÉUTICA DE SÓCRATES

El gran valor del método, cuyo término griego se refiere al arte de partear, consiste en que no le inculca una doctrina o "verdad" al educando, sino que el proceso de construcción del conocimiento objetivo se realiza dentro del diálogo, por la actividad misma del estudiante dentro del medio de inducción conducido por el maestro. La función del maestro sólo se cumple cuando las verdades son descubiertas activamente por los discípulos mismos. Por eso, Sócrates dice: "Dios me impide parir".

¿Significa esto que no hay verdades objetivas que el maestro deba transmitir? No, de ninguna manera, significa únicamente la postura que ha de asumir dentro de la relación con el educando, que es la postura del conductor del proceso, no del que impone conocimientos. Esta esencia pedagógica de la mayéutica socrática se expresa en su carácter dialéctico.

El elemento positivo del proceso, su punto de partida, es la aceptación de una proposición como verdadera por parte del maestro. Esta posición, que Sócrates llama hipótesis, sería dentro del grupo estudiantil alguna proposición o afirmación del alumno que el maestro acepta como verdadera, constituyendo así un punto de partida común entre él, el alumno y demás interlocutores (el grupo).

La negación de esta posición se opera a través de la figura retórica "ironía" que cumple la función de suscitar en el alumno la conciencia de su no-saber (ignorancia). La ironía en este contexto pedagógico-didáctico consiste en obligar al estudiante, mediante preguntas precisas, a deducir las implicaciones de su proposición inicial (hipótesis), hasta que se le revelan las deficiencias y errores

de ésta.

La refutación de su posición inicial (hipótesis), por medio de la ironía, lleva a un resultado negativo, antitético, que constituye la base para un tercer paso, la síntesis del proceso, que deriva en un conocimiento más verdadero que el inicial, con el cual el proceso mayéutico ha cumplido su función.

ANEXO 6

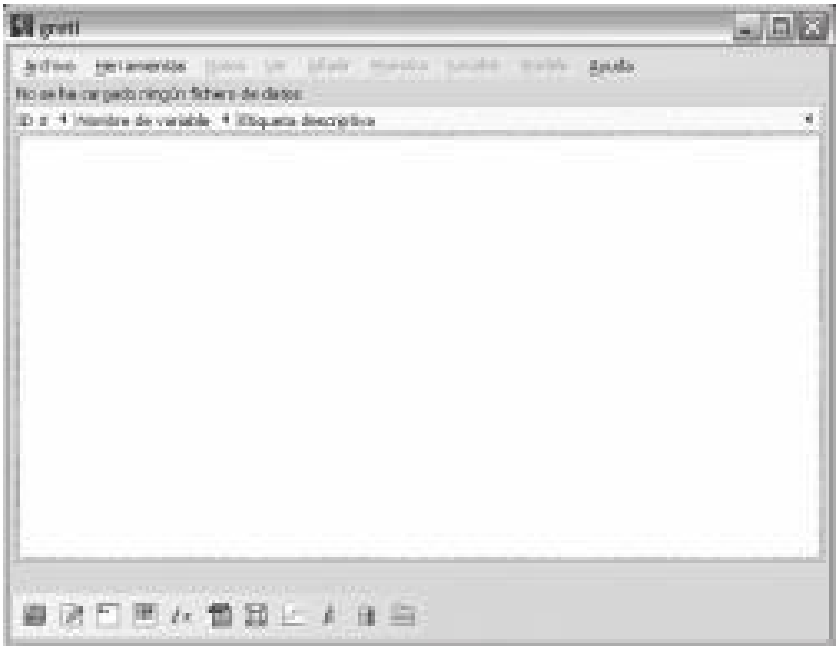
CÓMO UTILIZAR EL PROGRAMA INFORMÁTICO GRETL

El programa informático Gretl se diseñó para ser aplicado en las áreas de ciencias sociales y humanidades. Aunque en especial se enfoca directamente a la economía y a la administración, también es muy útil para cualquiera de las otras áreas del conocimiento. En el caso particular de la docencia su uso es muy recomendable sobre todo cuando se está iniciando a los estudiantes en los temas de la investigación científica.

Gretl es muy sencillo de manejar, pues permite hacer trabajos que requieren de cálculos estadísticos de manera formal y con gran calidad sin importar el área del conocimiento, aun cuando su enfoque está más dirigido a la enseñanza e iniciación de los estudiantes en los campos de aplicación de la ciencia.

La liga para la descarga e instalación libre del programa es <http://gretl.sourceforge.net/>.

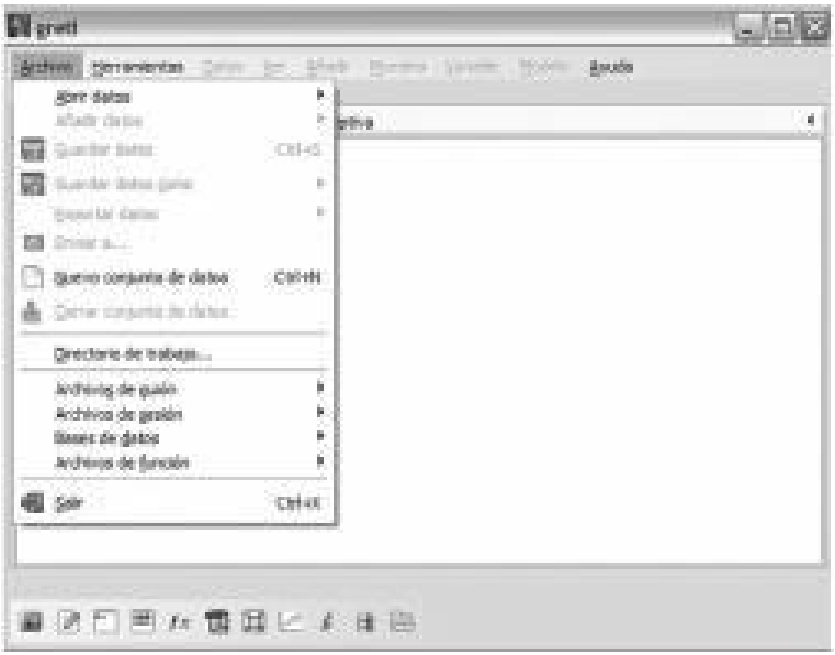
Al ingresar se despliega una pantalla que permite al usuario trabajar sobre el programa y de esa forma realizar las actividades necesarias para la resolución de su problema desde el punto de vista estadístico, permitiendo que pueda iniciar con las actividades programadas para su estudio. En la pantalla 1 se muestra cómo aparece en la computadora.



Pantalla 1

Como se observa, las opciones que presenta el programa —el llamado menú— se ubican en la parte superior del recuadro; ahí se pueden visualizar las instrucciones que le permiten al usuario realizar una serie de funciones útiles en la ejecución del mismo. En la segunda línea aparece el mensaje “No se ha cargado ningún fichero de datos”, lo que le indica al usuario que deberá capturar aquellos datos que son propiamente con los cuales se va a iniciar el trabajo.

Ahora bien, al ejecutar el programa —con la ayuda del mouse (ratón)— se podrán realizar diferentes acciones a elegir y, como se ha mencionado, la primera será almacenar los datos de las variables que son el motor del problema, lo que se logra mediante la opción Archivo, que se encuentra en el menú superior (pantalla 2).



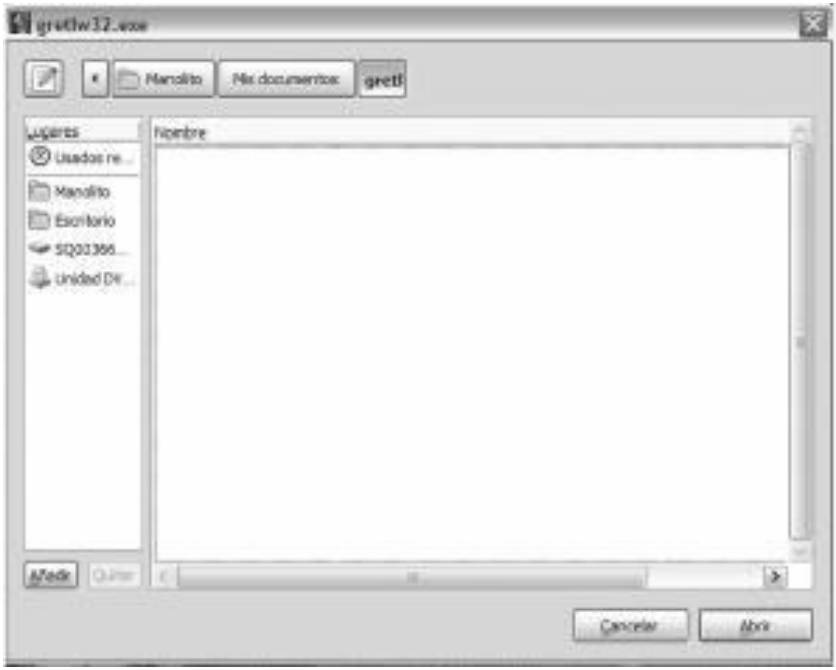
Pantalla 2

En ese momento ya se puede abrir el espacio donde se ubicará la tabla de captura de la información. En la opción Archivo se despliega una cortinilla que contiene las diferentes funciones que desarrolla el programa en ese nivel y que es donde se realizan todas las acciones con los archivos.

La primera de las instrucciones que aparece es Abrir datos, base principal para realizar la captura de la información que será procesada por el programa; información que se tiene almacenada en algún archivo generado previamente por el usuario (pantalla 3).

Pantalla 3

En esta opción existen tres acciones diferentes a elegir según sea el caso que el usuario tiene en las manos. La primera es eficaz cuando el investigador tiene un conjunto de datos almacenados y requiere volver a utilizarlos. Al seleccionar esta opción se desplegará la pantalla en la que el usuario podrá buscar el archivo que contiene la información con la que se va a trabajar. Observar que en el lado izquierdo de la pantalla aparecen las carpetas y las unidades de disco que se tienen disponibles para hacer la búsqueda del archivo; recordar que con la ayuda del mouse podrá hacer el recorrido por cada una de ellas en la búsqueda de la información. También permite que el usuario genere una carpeta dentro del sistema para almacenar la información que se obtenga de eventos posteriores. Al finalizar, cuando se ha localizado el archivo, se elige Abrir. Si por alguna razón el usuario no localiza el archivo o prefiere hacerlo después puede Cancelar la búsqueda y cerrar la pantalla sin realizar ninguna acción (pantalla 4).



Pantalla 4

Si se elige la opción de “Archivo de muestra” entonces se podrá observar la información que contiene el programa como ejemplo, de tal forma que el usuario visualizará una serie de datos que ya se tienen instalados (pantalla 5).

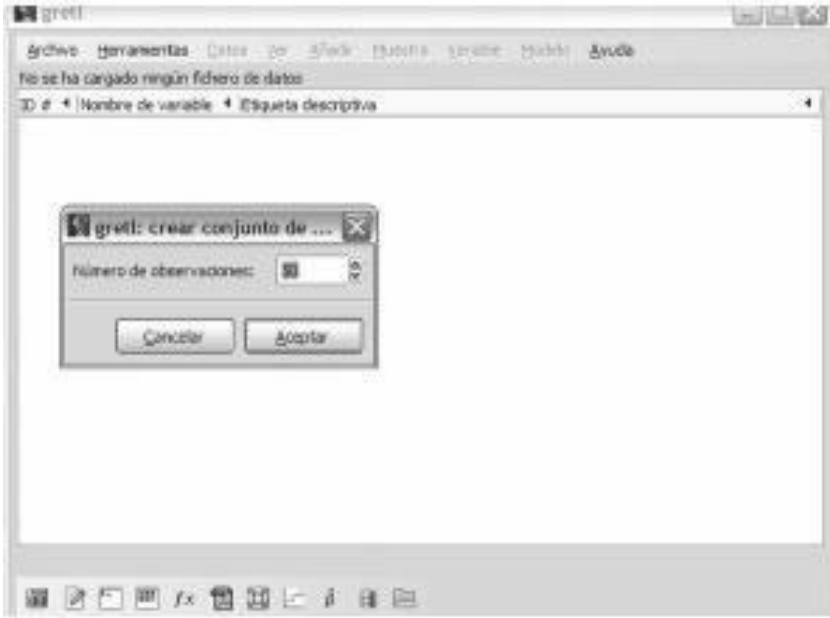
Pantalla 5

La última de las opciones es la de “Importar”, que tiene como función principal poder leer la información que se tenga capturada en cualquier programa, por ejemplo en Excel o en algún otro de estadística (pantalla 6).

Pantalla 6

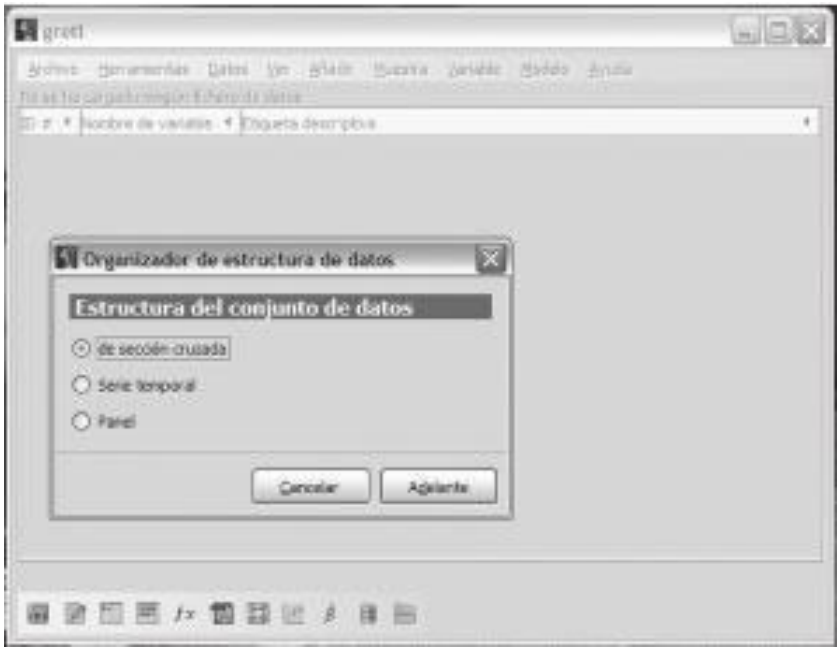
Si el usuario no tiene su información capturada y almacenada en algún archivo externo, entonces deberá introducir los datos directamente en el programa Gretl, para lo cual utiliza una opción que se tiene disponible en el menú Archivo y que es la de Nuevo conjunto de datos. En este espacio podrá crear la base de datos propia del programa. Al seleccionar la opción deseada el programa permitirá que el usuario ejecute las acciones pertinentes para su captura, de manera que pueda ir complementando cada una de las acciones a seguir.

El primer paso es determinar el número de observaciones que se tienen en el trabajo que se va a realizar, ya que es importante poder capturar toda la información necesaria para el desarrollo de la actividad (pantalla 7).



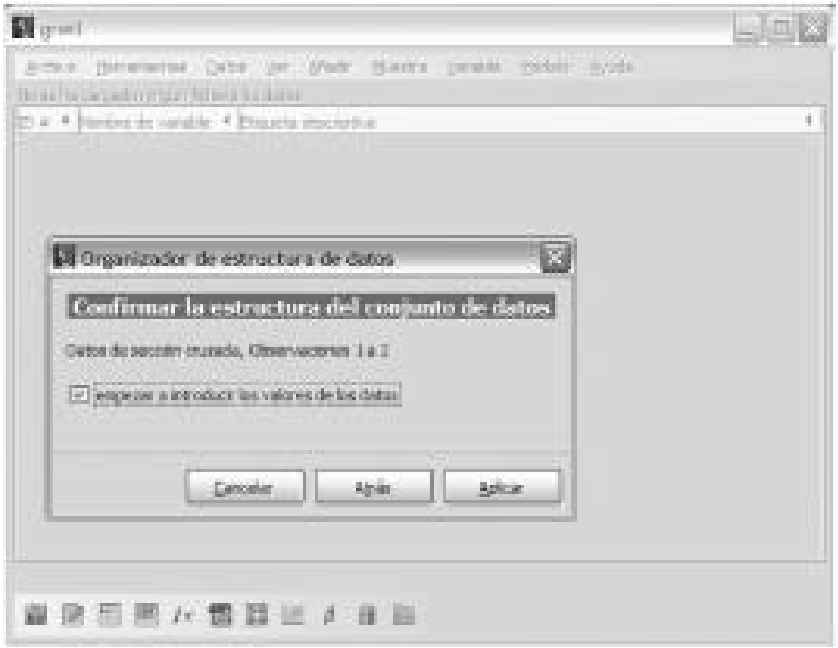
Pantalla 7

Una vez definidas las observaciones el programa solicitará al usuario que indique cuál es la estructura que tienen los datos, de tal forma que se puedan realizar las operaciones estadísticas pertinentes según las necesidades del problema y los objetivos que persigue él dentro del desarrollo de su investigación. En general, la opción que se emplea es la de ‘sección cruzada’, al considerar que las bases más útiles dentro de los cálculos estadísticos se desarrollan mediante esa estructura (pantalla 8).



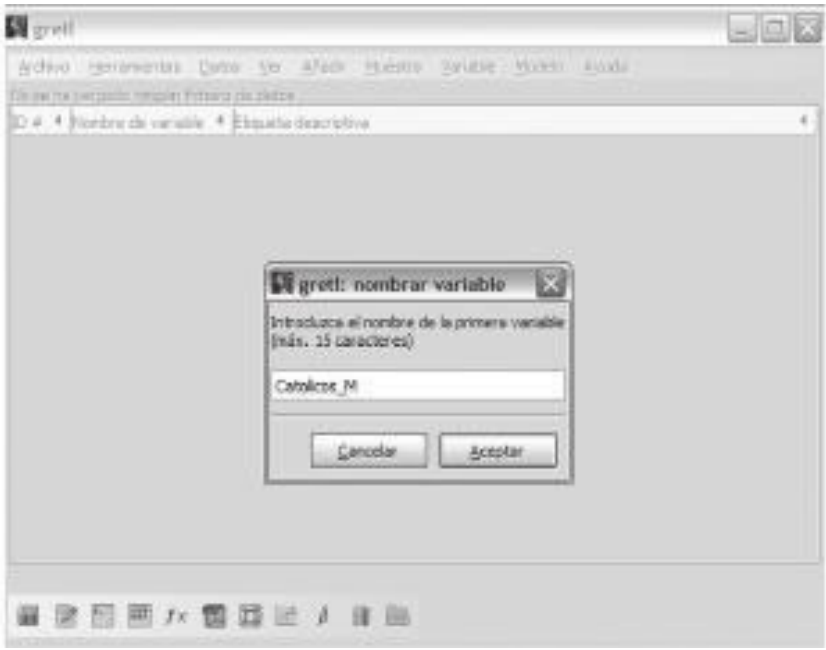
Pantalla 8

De inmediato el programa solicita al usuario su autorización para iniciar la captura de la información; considerar que, entre las opciones, se permite que se introduzcan los datos posteriormente (pantalla 9).



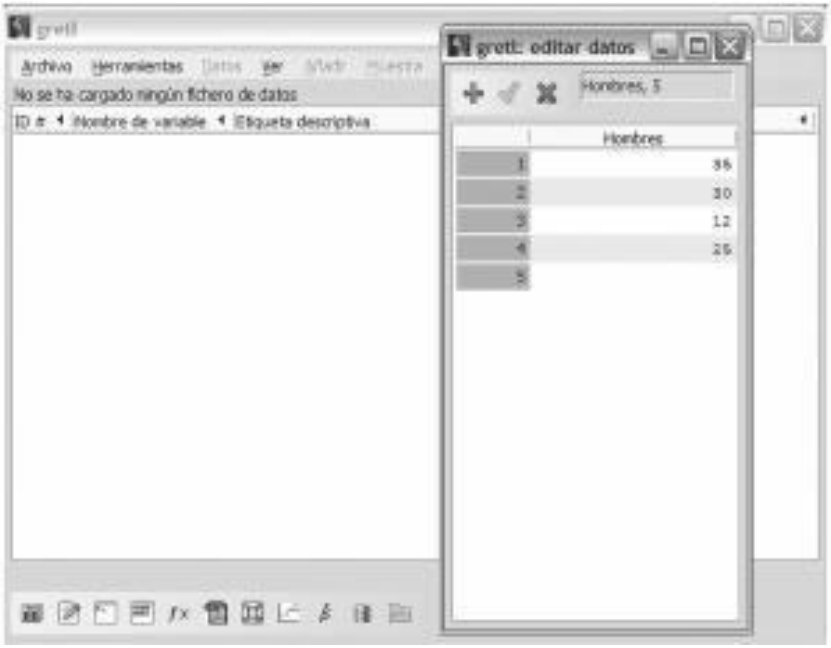
Pantalla 9

Si el usuario eligió la opción de capturar la información, en ese momento el programa abre la ventana correspondiente a la solicitud de la información, iniciando con la definición del nombre de la variable con la que se va a etiquetar esa serie de datos, para así identificarla en los procesos posteriores (pantalla 10).



Pantalla 10

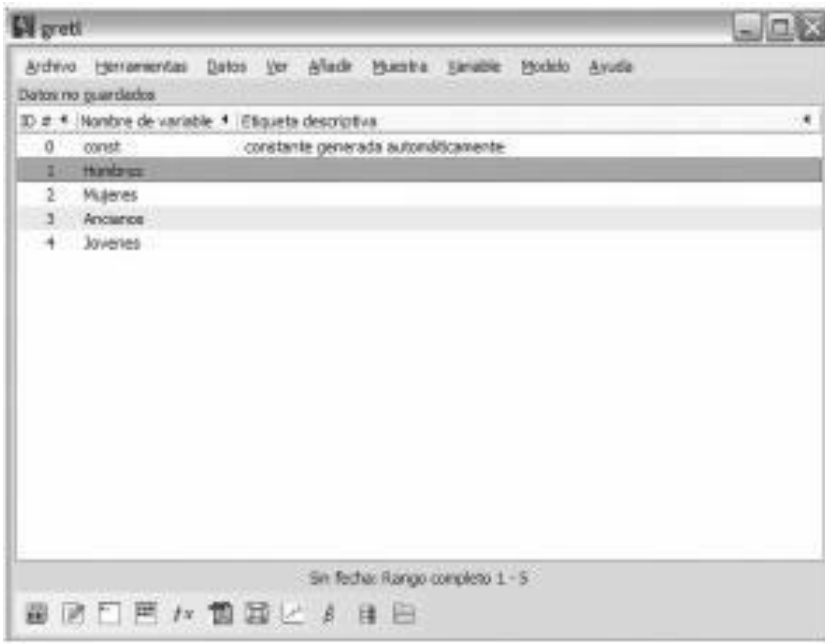
Después de haber definido la etiqueta con la que se reconocerá la variable mediante el proceso de cálculos estadísticos, el usuario podrá iniciar la captura de los datos correspondientes a cada variable, lo que permite que sean almacenadas en la base de datos para ser empleadas posteriormente. En esta parte del programa se podrá observar que aparece una tabla con una serie de números en la columna izquierda, lo que le indica a la persona cuál número de observación es el que corresponde a la variable elegida, cada uno de los datos se escribe y con la ayuda del mouse o de las flechas del teclado se puede mover el cursor de una observación a otra, ya sea de arriba hacia abajo o viceversa (pantalla 11).



Pantalla 11

En este punto el investigador debe observar que en la parte superior de la pantalla de captura se encuentran ubicados tres símbolos representativos de las acciones que se pueden realizar. El primer símbolo (+) representa la acción para ingresar una nueva variable para hacer la captura de los datos correspondientes, y al activarlo aparece de nuevo el recuadro donde se solicita que se asigne el nombre de la variable, para luego hacer la captura de la información pertinente, permitiendo que el usuario vuelva a ejecutar la acción anterior. El segundo está representado con el símbolo de una palomita ( ), que permite que el programa sepa que ya se finalizó con la captura de la información y entonces pasar a la siguiente acción que desea hacer el investigador, posterior a dicha captura de la información. Se recomienda que se terminen de cargar todos los datos de las diferentes variables antes de salir, pues de otra manera se deberá regresar a la pantalla de captura y eso puede ocasionar confusiones o equivocaciones al capturar la información.

Al terminar de capturar la información y acceder a la palomita el programa carga las variables en la pantalla principal, lo que le indica al usuario que ya puede cerrar el cuadro de diálogo colocando el cursor en el recuadro superior de la pantalla de captura y presionando la 'X' que se localiza junto al ícono del programa. Finalmente, el símbolo del tache o la cruz inclinada (X) le indica al programa que el usuario desea desechar la información que se había capturado, toda vez que no era la adecuada o existían errores en los datos. Esta opción es la más crítica pues por accidente se pueden perder todos los datos que ya se habían capturado y se tendría que volver a empezar con la captura de la información (pantalla 12).



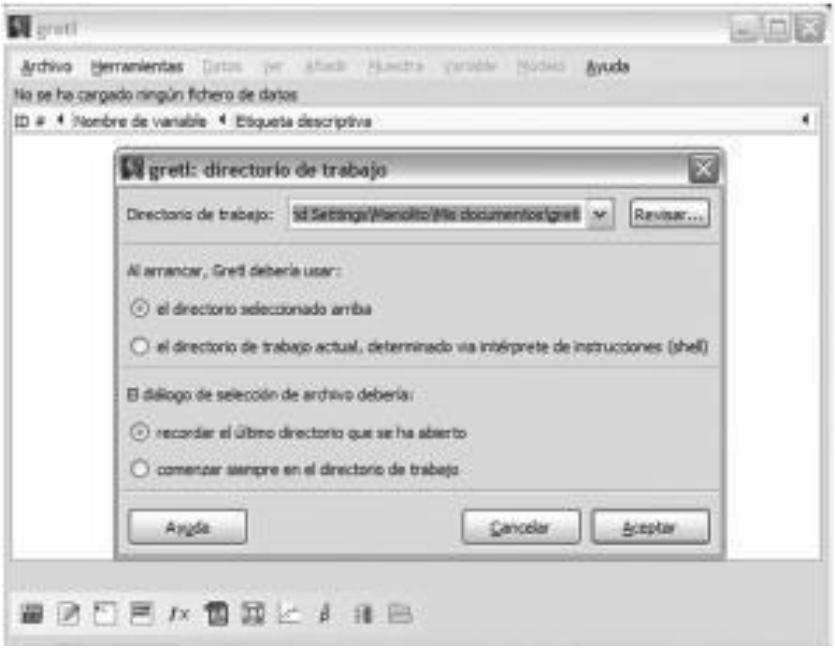
Pantalla 12

Hasta aquí la parte laboriosa en la ejecución del programa Gretl. Los procesos posteriores son mucho más sencillos, toda vez que el programa se encargará de hacer la serie de cálculos correspondientes de acuerdo con lo que el usuario requiera o

solicite para el desarrollo de su trabajo.

En adelante el investigador deberá aplicar con mayor intensidad su razonamiento, ya que el programa permite simplificar los cálculos para la acción que sea seleccionada, pero el programa no sabe cuáles son las necesidades del investigador o qué es lo que él quiere hacer y mucho menos qué prueba es la más adecuada para su aplicación según sus requerimientos. Tal selección deberá ser elegida por la persona o el investigador que está procesando la información y que “hipotéticamente hablando” es quien tiene el conocimiento de cuál prueba es la adecuada o se desea realizar para obtener los resultados pertinentes a su tarea de investigación. En la pantalla 12 se observa que el programa deja visibles los nombres de las variables en el orden que fueron introducidas y que son las que se tienen disponibles para realizar los diferentes procesos.

El siguiente punto dentro de la función Archivo es el que permite que el investigador determine cuál será el Directorio en el que se realizará todo el trabajo que se desarrolla mediante la aplicación del programa Gretl. El usuario puede definir la carpeta en la que se guardará la información que se obtenga del proceso, así como los cálculos desarrollados por el programa (pantalla 13).



Pantalla 13

Se observa que entre las diferentes opciones podemos encontrar el sitio en el que se determinará cuál es la dirección de la carpeta que se utilizará como espacio principal, en donde el programa dejará toda la información que se almacene después de haber procesado la información, en ella es donde se elige dicho espacio. En la parte de la derecha está un botón que muestra el mensaje de Revisar…, que es la llave para poder hacer un recorrido por el sistema y elegir la ruta que se debe seguir para llegar a la carpeta seleccionada.

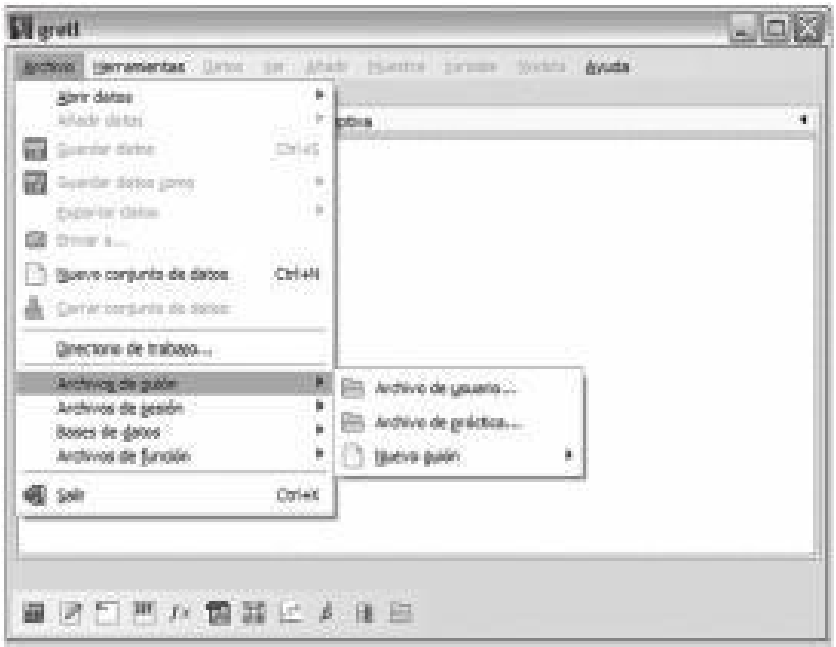
Después se solicita que el usuario decida si cada vez que el programa se active éste, automáticamente, se dirija a dicha carpeta; en caso contrario se dejará que el sistema elija la carpeta que tiene determinada por default. En este punto el usuario tiene que decidir si opta porque el programa recuerde al inicio de su funcionamiento la última carpeta utilizada o si se prefiere que aparezca la carpeta definida en automático por default por el sistema.

La opción que permite al usuario definir la ruta de acceso en forma

directa se elige al presionar el botón de Aceptar, ya que con ello el programa almacena la información de los requerimientos seleccionados o definidos por el investigador. Si se presiona el botón de Cancelar entonces el programa desecha toda la información que se definió y regresa a los valores asignados de manera automática por el programa.

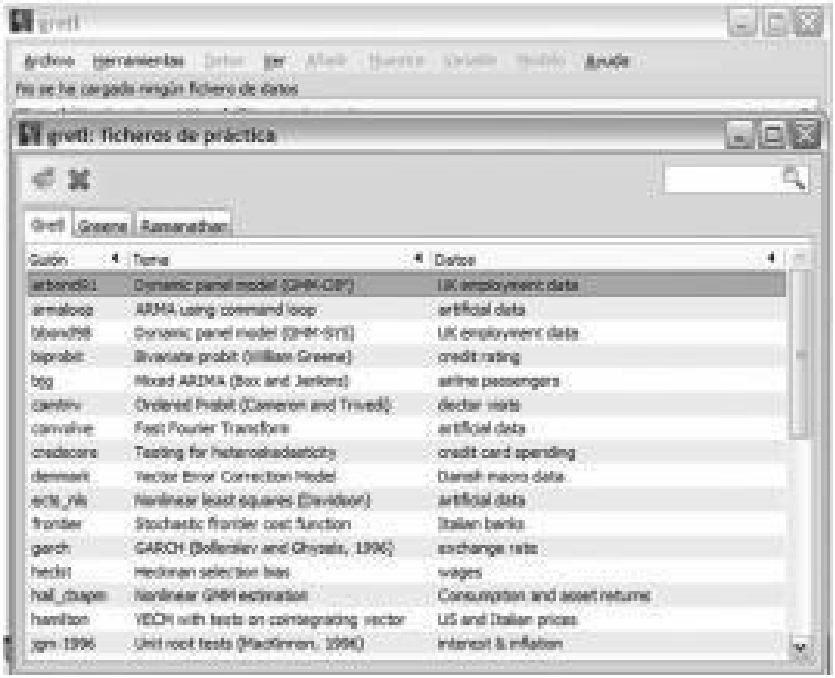
Si se presiona Ayuda entonces el usuario observará que se despliega en la pantalla la página que le permite revisar las diferentes funciones que se tienen. Se hace notar que el manual de ayuda está en inglés, por lo que es necesario que mínimamente se domine el lenguaje técnico de dicho idioma.

La siguiente opción que proporciona el menú de Archivo es la que corresponde a los Archivos de guion, mediante la cual el usuario puede acceder a la sección de la base de datos; lugar en el que el investigador puede estructurar sus guías para tener una serie de archivos que permitan su proceso (pantalla 14).



Pantalla 14

Aquí se pueden observar tres submenús diferentes que le permiten al investigador realizar la acción que considere pertinente. La primera que se muestra es “Archivo de usuario” y en ella el investigador puede elaborar su guion de archivos para ser procesados después. Con la facilidad de tener disponibles sus bases en cualquier momento dentro del mismo proceso, por lo que se recomienda para todos los archivos que son de uso regular o frecuente. En la segunda opción denominada “Archivo de práctica” es donde el programa muestra un ejemplo de cómo se debe estructurar una base de archivos (pantalla 15).



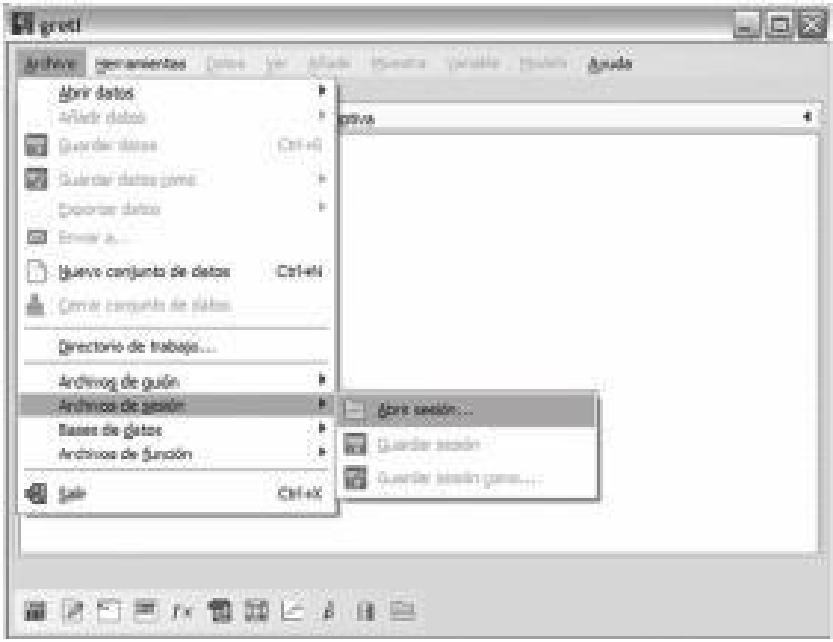
Pantalla 15

La tercera y última de estas opciones permite diseñar un “Nuevo guion”, ya que en muchos casos se tienen diferentes conjuntos de archivos para trabajar (pantalla 16).

Pantalla 16

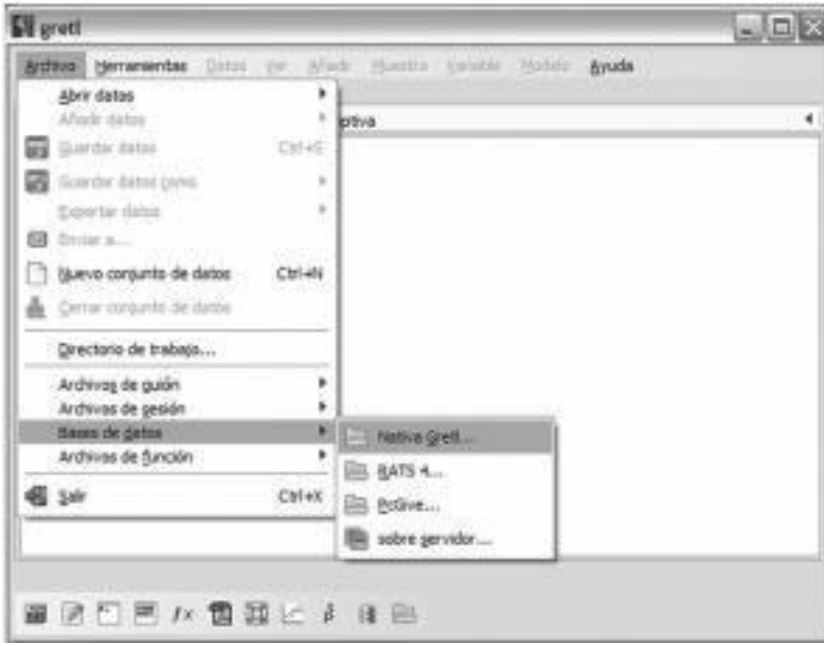
En esta parte el usuario podrá elegir el tipo de archivos que quiere generar, donde el más recomendable es ‘Guion de Gretl’, aunque puede elegir cualquiera de las otras opciones.

El siguiente punto dentro del menú de Archivo es Archivos de sesión, donde el usuario puede acceder a una sesión previa o seleccionar las opciones de guardar la sesión en formato Gretl o con un nombre diferente (pantalla 17).



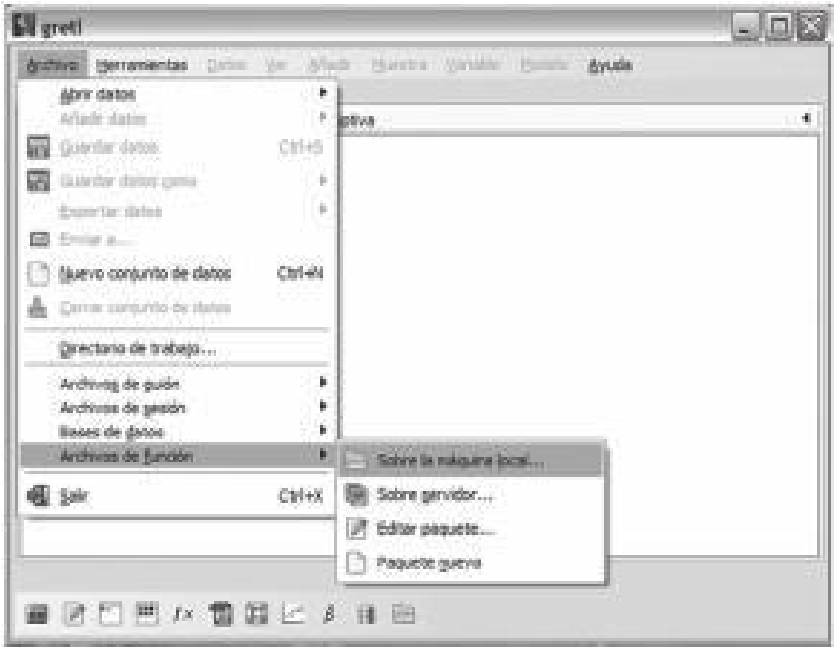
Pantalla 17

La opción Bases de datos permite al investigador generar sus propias bases, ya sea en formato nativo (Gretl) o en otros formatos, para crearlas o para tener acceso desde el programa. Las diferentes bases que se manejan dentro del sistema son: “Nativa Gretl”, “Rats 4”, “PcGive” y “sobre servidor” (pantalla 18).



Pantalla 18

La última de las opciones del menú Archivo es Archivos de función, que permite que el usuario programe dentro del sistema algunas características especiales que requiera para el procesamiento de su información (pantalla 19).



Pantalla 19

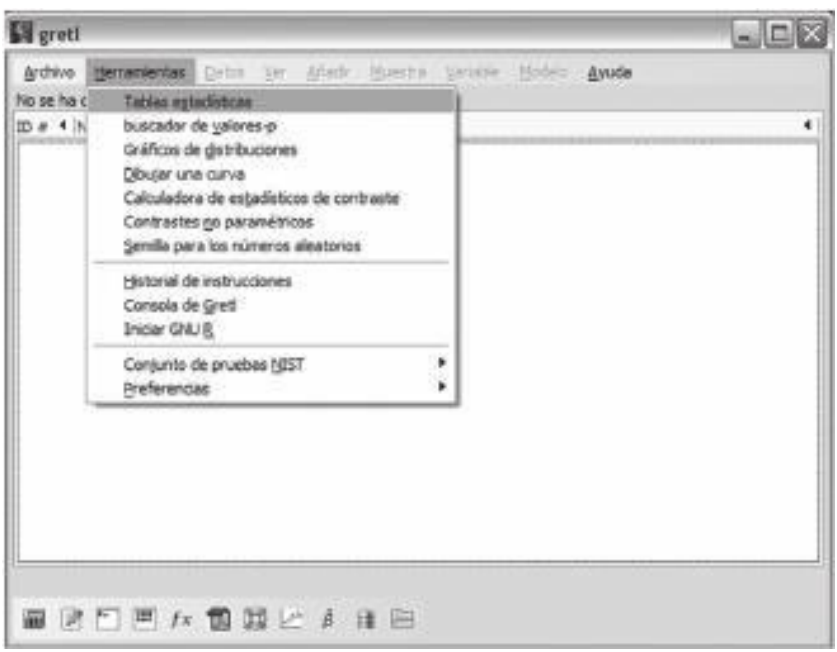
Entre las opciones que se proporcionan está la que indica “Sobre la máquina local”, que es donde se permite trabajar en el equipo que se está utilizando de forma directa, es decir la computadora del usuario. Otra de las facilidades que proporciona es cuando el investigador quiere accesar a un servidor de red —ya sea local o remoto— donde el usuario puede entrar para implementar sus instrucciones, y para ello se deberá seleccionar la opción “Sobre servidor”. También está la opción que permite “Editar paquete”, en la que el usuario podrá accesar a cualquiera de los archivos previamente generados o en particular a un programa diferente. La última de las instrucciones de este menú es “Paquete nuevo”, espacio en el que el investigador podrá diseñar y activar precisamente un paquete nuevo, el que dependerá de una función específica que el usuario quiera añadir a sus procesos.

En menú de Archivo se tiene la etiqueta de Salir, que si se activa le indica al usuario que abandonará el programa para regresar el control al sistema de la máquina, es decir, para abandonar el

programa y cerrarlo.

La siguiente opción del menú principal es Herramientas que, entre otras cosas, permite que el usuario pueda ingresar la información —sus datos— en un procedimiento que es generado y procesado por el programa. Además, facilita que se tengan disponibles diversas acciones estadísticas de gran ayuda para los procesos a seguir, así como diferentes métodos para el procesamiento de los datos del trabajo de investigación o de la actividad real en sus acciones de trabajo.

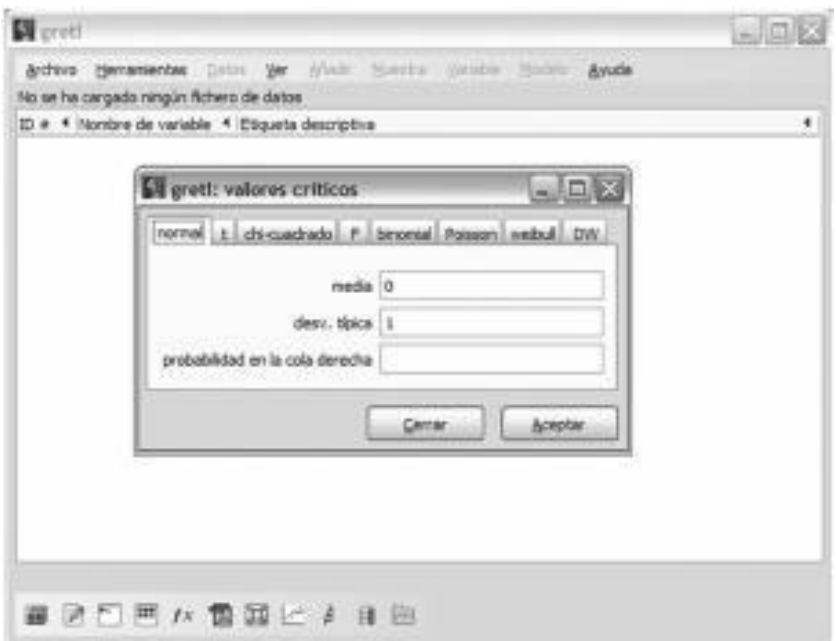
En términos generales se tienen las principales pruebas estadísticas básicas que son de gran utilidad para el desarrollo de los cálculos necesarios en las funciones que proporciona la estadística; en la pantalla 20 se muestran.



Pantalla 20

Entre las diversas opciones observamos que se encuentra Tablas estadísticas, que permite que el investigador encuentre los valores

principales de algunos estadísticos que están contenidos en las diferentes tablas: distribución normal, pruebas de t, chi-cuadrada, pruebas de F, las que corresponden a la distribución binomial, de Poisson, de Weibull y la de DW. Estos valores son de gran importancia en las funciones estadísticas, ya que permiten que el usuario pueda obtener los elementos correspondientes a cada una de las tablas en función de las pruebas que esté realizando o de las necesidades que se tengan en el desarrollo de los procesos estadísticos. En cada una de ellas se obtendrá una pantalla donde se muestran los resultados buscados y que están contenidos en las tablas estadísticas según sea la prueba aplicada a los datos. Lo que el usuario visualiza, cuando activa la prueba normal, se muestra en la pantalla 21.



Pantalla 21

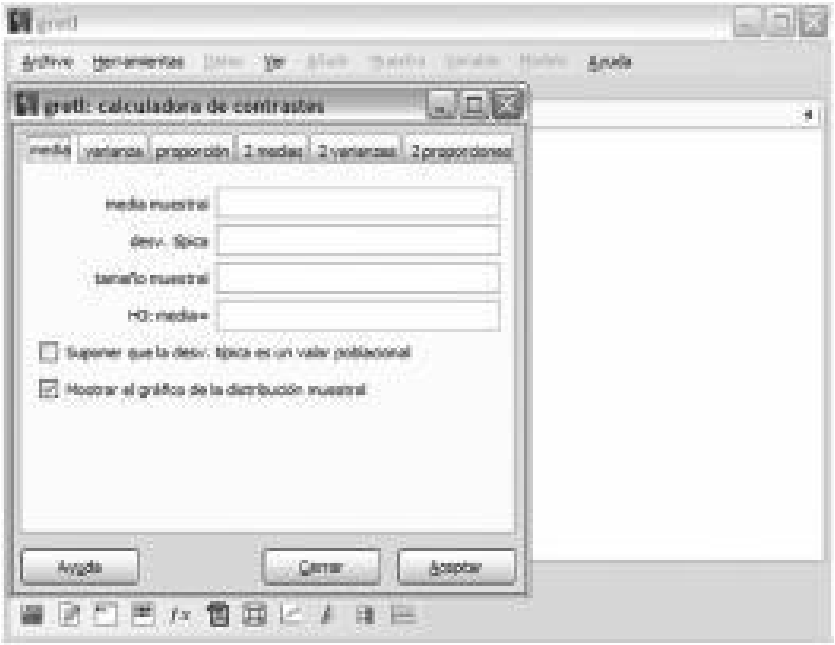
Otra de las opciones que permite y facilita al usuario su trabajo es

Buscador de valores-p, muy similar a la opción anterior del menú. La diferencia es que en esta parte se tiene bien dirigida la búsqueda para un valor específico dentro de los procesos.

La siguiente función en el menú desplegado es Gráficos de distribuciones, que es el lugar en donde el programa muestra la gráfica que corresponde a la distribución seleccionada dentro de los datos.

En la función Dibujar una curva el programa despliega sobre la pantalla un recuadro en el cual solicita que el investigador inserte la fórmula que desea dibujar, permitiendo que el usuario elija los valores inferior y superior que deberá adquirir la función, de tal manera que se pueda dibujar dicha curva.

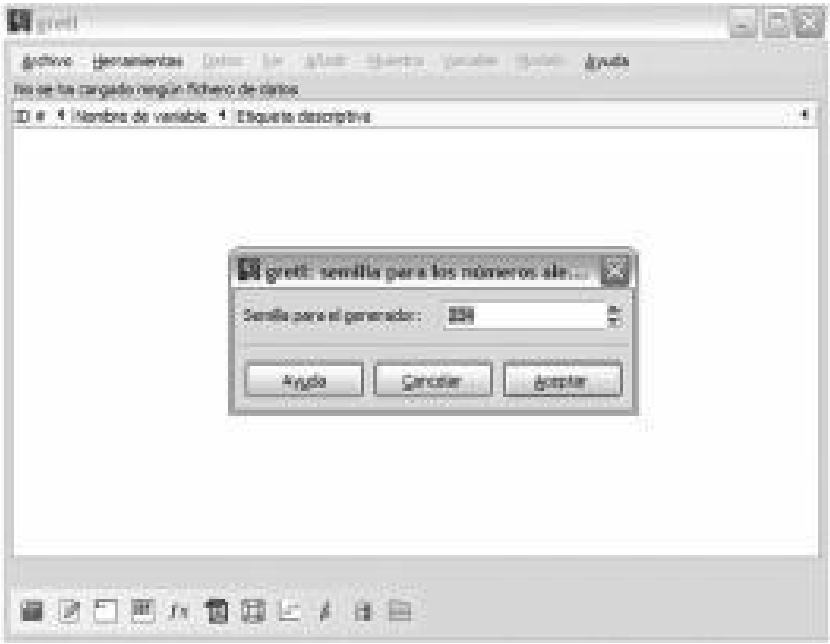
La siguiente opción es Calculadora de estadísticos de contraste, que es el lugar donde el investigador puede obtener los valores básicos de los procedimientos estadísticos como la media, la varianza, la proporción, los valores para dos medias, los respectivos para dos varianzas, y finalmente para dos proporciones, permitiendo que el programa muestre los valores típicos de la media muestral, los de la desviación estándar, el tamaño de la muestra y la media para la hipótesis nula H0, proporcionando la opción si es necesario de suponer que la desviación estándar es un valor poblacional, eso dependerá de los datos que se tengan del trabajo, además se puede elegir que se muestre la gráfica de la distribución muestral como un agregado (pantalla 22).



Pantalla 22

La siguiente opción es Contrastes no paramétricos, que permite hacer los cálculos correspondientes a datos que no son directamente paramétricos, de tal manera que se pueden hacer cálculos cualitativos dentro de los procesos.

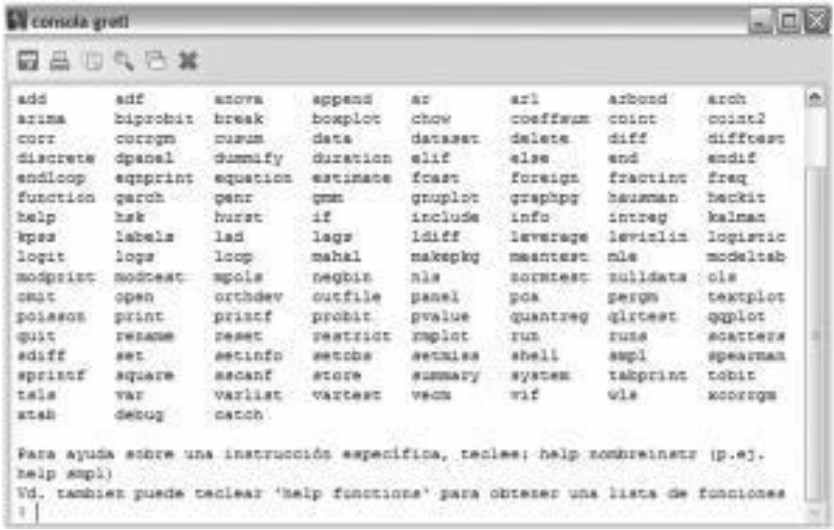
En la función que sigue se encuentra el sistema para generar números aleatorios, donde el valor que solicita es la Semilla para los números aleatorios; es decir, solicita la base que debe considerar para poder hacer la generación de esos números. La pantalla que aparece en el programa solicita que el usuario proporcione un número, el cual será la base para hacer los cálculos de números aleatorios, si es que lo requiere el trabajo (pantalla 23).



Pantalla 23

En el menú Herramientas se tiene la secuencia donde aparece la siguiente función que corresponde al Historial de instrucciones, que es el espacio donde el programa lleva una secuencia de las diferentes instrucciones que se han implementado dentro de Gretl; indica desde que se inició el programa, mostrando la fecha, hasta el final de la secuencia de instrucciones que se implementaron.

La siguiente opción, Consola de Gretl, es el espacio donde el usuario puede introducir algunas instrucciones de programa para que éste las realice. Resulta útil cuando se requiere de algún cálculo o procedimiento que no está contemplado en la estructura de Gretl. Al abrir la pantalla el usuario podrá observar un anuncio donde se le pide que teclee la palabra help para poder obtener una lista de las instrucciones que se pueden utilizar en el editor del programa Gretl. La pantalla 24 es la que aparece después de desplegar la serie de instrucciones que son aceptadas por el programa para su empleo.



Pantalla 24

El Conjunto de pruebas NIST es la opción que sigue y permite que se realicen las pruebas de regresión lineal en función del U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). Lo que se muestra en la pantalla 25 permite que el usuario siga las instrucciones para ver los resultados que se obtuvieron de ese procedimiento, donde puede obtener y leer los conjuntos de valores que resultan después de aplicar la prueba. Para ello se utilizará la barra de recorrido (scroll bar) que se encuentra del lado derecho de la pantalla.

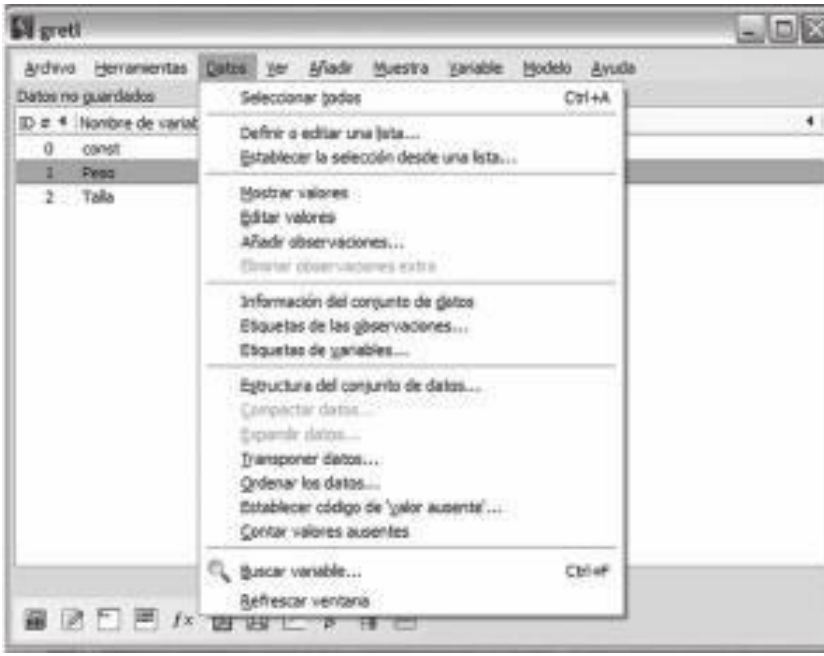
En esta opción se puede elegir cualquiera de las tres formas mediante las cuales se procesará la información: 1) “Básicas”, que corresponde a la ejecución de las más elementales formas de proceso; 2) la siguiente es una prueba con una mayor extensión denominada “Extensas”, que son aquellas un poco más completas, y finalmente 3) la que permite obtener información mucho más completa, que es la de “Muy extensas”. En este momento el investigador deberá elegir la más apropiada para la obtención de los valores según sea la necesidad de su tarea.

Pantalla 25

Por último, en el menú Herramientas se tiene la opción que permite que el usuario defina las características y preferencias que desee que Gretl ejecute durante su proceso. Esta opción es precisamente Preferencias y ofrece dos funciones diferentes: la primera es la que controla las funciones generales de Gretl, mientras que la segunda es la que permite que se defina el tipo y tamaño de la letra con la que se mostrarán todas las salidas. Las opciones son “General” y “Fuente fija” (pantalla 26).

Pantalla 26

En el menú principal podemos observar que la siguiente de las funciones es Datos y corresponde a la parte en la cual el programa Gretl realizará funciones muy específicas sobre los datos. La pantalla 27 muestra la forma en que se visualiza cuando es extendida la opción dentro del menú principal.



Pantalla 27

La primera opción es Seleccionar todos y se refiere a la facilidad que presenta el programa para hacer la selección directa de todos los datos que se tienen en el proceso; permite al usuario definir que todas las variables entrarán en los cálculos a realizar. La segunda opción es Definir o editar una lista; función que posibilita definir las variables que se requieran para la realización del cálculo que se pretende desarrollar. El primer dato que se pide es el nombre de la lista que se va a generar, dato que es obligatorio. Inmediatamente después se envía el mensaje de que se ha añadido la lista y el nombre seleccionado, y con ello se tiene disponible para futuras aplicaciones (pantalla 28).

Pantalla 28

Establecer la selección desde una lista es la función que sirve para seleccionar las variables que se encuentran agrupadas precisamente dentro de un listado. Se debe contemplar que Gretl permite generar más de una lista, según sea la necesidad del usuario.

La función Mostrar valores permite que el programa coloque sobre la pantalla la tabla de valores que se tienen en el procedimiento de ejecución de Gretl, para que el investigador la revise y corrija, en su momento, si es necesario. La opción Editar valores es la que facilita al investigador el modificar cualquiera de los datos contenidos en su base y que son los que se emplean para el proceso estadístico que se está realizando.

En Añadir observaciones se encuentra el espacio que ayuda para que el investigador pueda agregar información a cada una de las variables según se requiera y así completar sus datos para posteriores cálculos. Cuando se agregan observaciones se deberá ejecutar la función Editar valores para poder completar los datos

faltantes en la base. La opción Eliminar observaciones extra se emplea para poder cancelar algunos de los datos que sobren en la lista de variables en el proceso.

Con la función Información del conjunto de datos el usuario podrá revisar las anotaciones que se hicieron en la base para cada una de las variables. En caso de no haber insertado esos comentarios el programa le permite al investigador el implementarlos si así lo requiere. La opción es muy útil para llevar un registro de ayudas o comentarios sobre las variables.

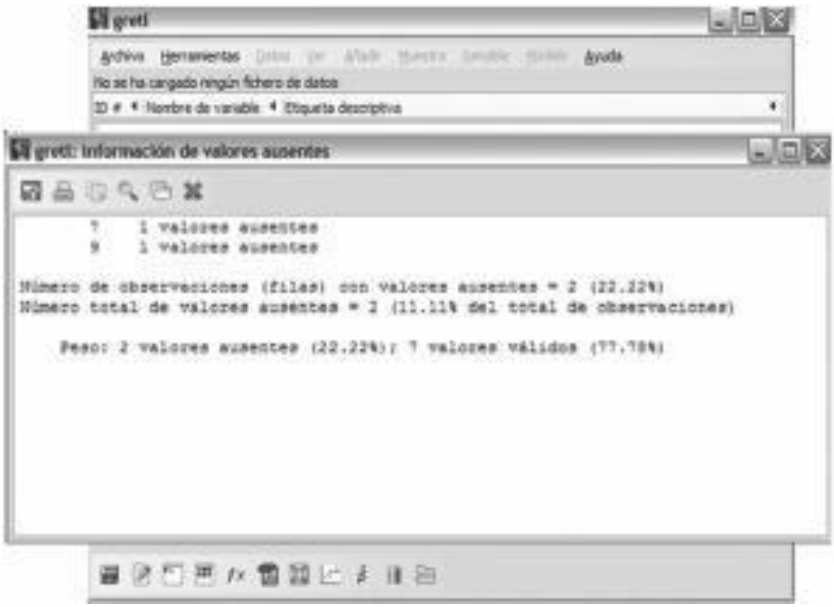
En la opción Etiquetas de las observaciones el programa le muestra al usuario cada una de las etiquetas que se dieron a las observaciones. En caso de no existir éstas el programa permite agregar las etiquetas desde un archivo, lo que facilita que se puedan etiquetar las diferentes variables; el archivo debe ser una base de datos.

Las opciones Compactar datos y Expandir datos son muy útiles para evitar que se ocupe mucho espacio dentro del disco —sobre todo si se trata de una serie de datos muy grande— tanto en valores como en variables, lo que favorece que el equipo pueda trabajar a una velocidad normal, ya que de otra manera se satura la memoria y empieza a ser más lento el cálculo.

La opción Transponer datos se utiliza para intercambiar la información de tal manera que el programa interprete a una variable como si fuera dato y el dato pase a ser interpretado como una variable. El procedimiento es muy poco usual pero se tienen casos donde sí es aplicable.

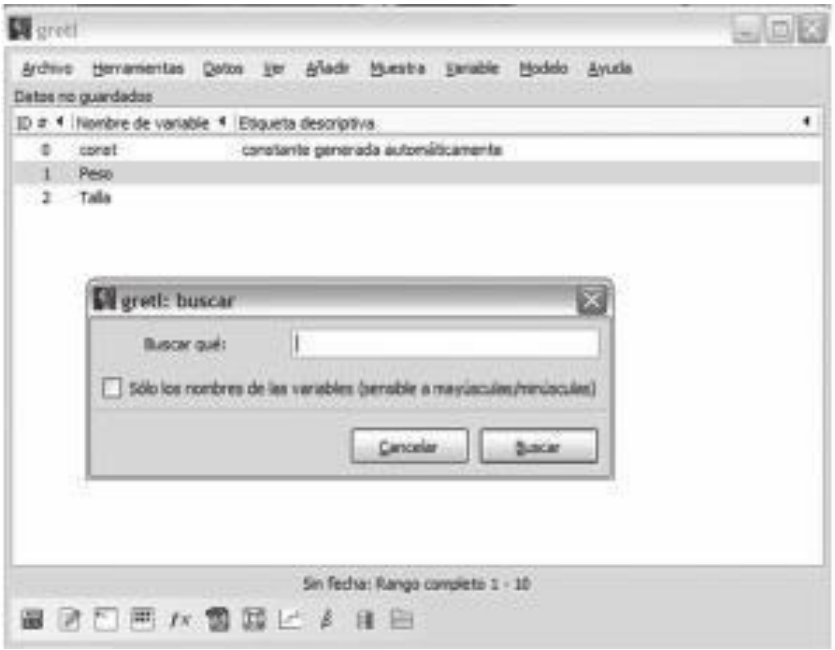
En la opción Ordenar los datos el programa solicita que se asigne el nombre de una de las variables y la forma de ordenamiento de la información, que puede ser de mayor a menor (descendente) o de menor a mayor (ascendente), lo que simplifica la manera de presentar la información y algunos cálculos posteriores. En la función Establecer código de ‘valor ausente’ el programa solicita al usuario que teclee el valor que quiere sea considerado como perdido, lo cual ayuda para que se tome en cuenta en los cálculos estadísticos posteriores.

Al solicitar Contar valores ausentes el programa permite que el usuario defina si quiere que se le muestre esa lista de valores, para que se pueda revisar el número de valores ausentes que se encontraron y sus estadísticas (pantalla 29).



Pantalla 29

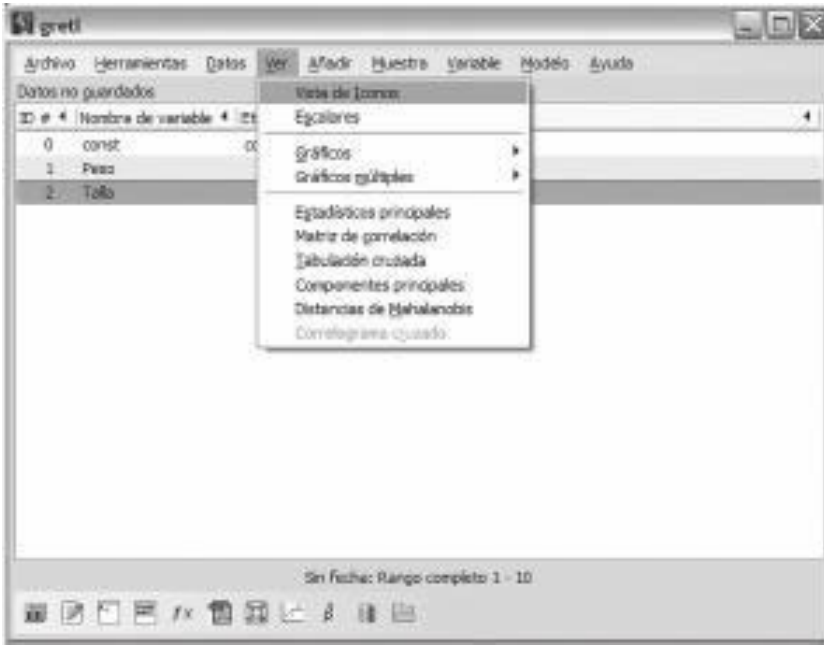
La siguiente de las opciones, Buscar variable, es la que permite que se pueda ubicar alguna de las variables que se tienen dentro del proceso Gretl (pantalla 30).



Pantalla 30

En ella aparece un recuadro que solicita el nombre de la variable a localizar; se debe contemplar que se escribirá conservando las mayúsculas y las minúsculas. Esta opción se utiliza cuando se tiene gran cantidad de variables dentro del sistema y se quiere localizar alguna de ellas en particular.

En el programa hay diversas opciones que permiten realizar diferentes funciones con respecto a las variables seleccionadas. En el caso del ejemplo nos interesa la función del menú que permite realizar los cálculos pertinentes para obtener los valores finales de interés para el trabajo de investigación, por lo que se elige la opción Ver, ya que en ella podemos seleccionar la mejor de las funciones que se tienen disponibles según sean nuestras necesidades (pantalla 31).

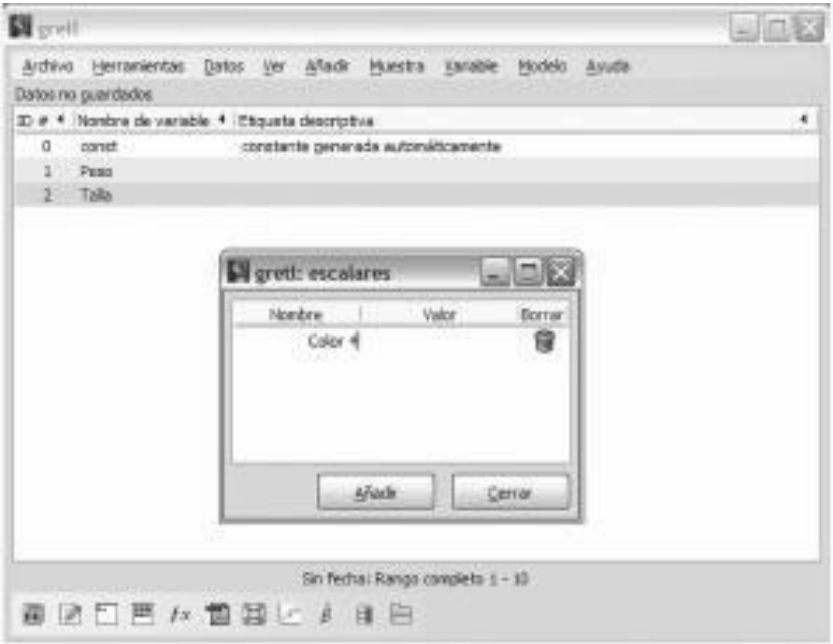


Pantalla 31

En la función se observa que aparece la que permite hacer una Vista o reconocimiento de los diferentes íconos que conforman el programa, de tal manera que se pueda hacer una selección de cualquiera de ellos (pantalla 32).

Pantalla 32

La siguiente de las opciones es la que permite que el usuario pueda declarar los diferentes Escalares que utilizará en sus procesos estadísticos, donde se podrá definir el nombre así como su valor. Se debe tomar en cuenta que un escalar es aquel que no va a cambiar de valor durante el proceso (pantalla 33).



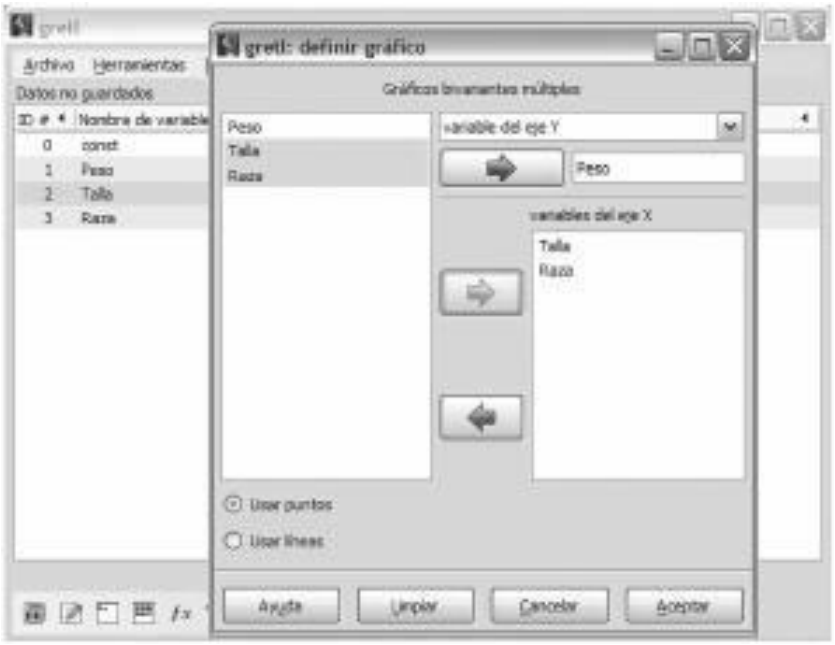
Pantalla 33

En la función Gráficos simples, en la que se considera la formación de dos ejes cartesianos (x, y) como base de la gráfica, el usuario podrá realizar la creación y revisión de los distintos tipos de gráficas que permite el programa (pantalla 34).

Pantalla 34

En esta opción se selecciona el tipo de gráfica que se desea revisar, de tal manera que se pueda agregar a los cálculos que se están realizando en el programa y elegir cualquiera de las diferentes opciones que proporciona. El usuario deberá agregar la información necesaria para poder culminar con la formación de la gráfica seleccionada. Las gráficas pueden ser de diferentes formas, desde las más populares, de dispersión (scatter), hasta las más laboriosas, como las de barras en 3D muy populares entre los estudiantes de las diferentes disciplinas.

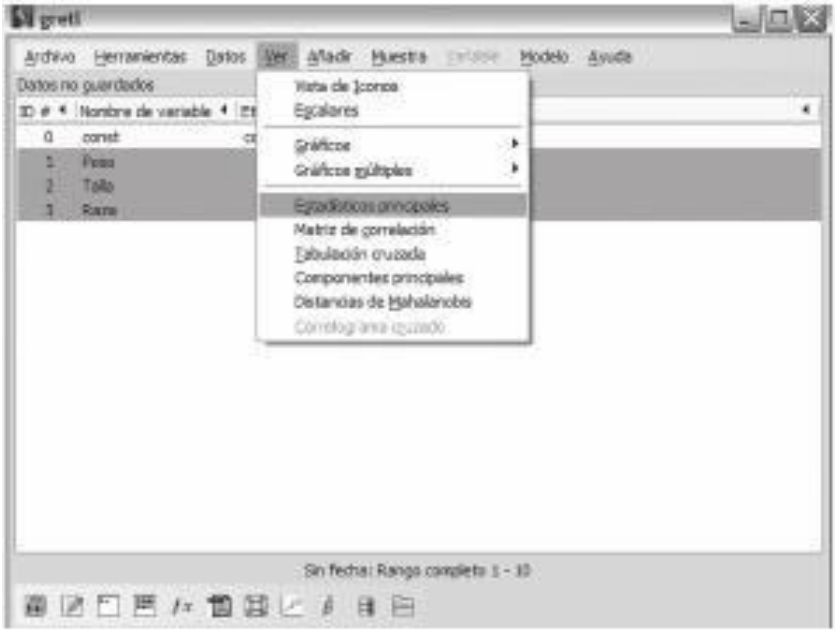
La siguiente opción es la que permite realizar las gráficas de dispersión (scatter), considerando la mayor cantidad de variables, y en la que se puede representar de forma más general una gráfica en tres dimensiones o con relaciones de una variable en contra de algunas otras. Este tipo de gráficas es muy útil cuando se realizan comparaciones entre dos o más variables (observaciones) durante un proceso de investigación (pantalla 35).



Pantalla 35

Cuando se elige esta opción aparece un cuadro que permite seleccionar la variable que será la que corresponda al eje de las y, así como la variable que corresponderá a las x, con las cuales se desarrollará la gráfica correspondiente.

La opción Estadísticos principales despliega los valores básicos en la estadística para los datos que nos interesan, y por lo general las variables principales que tenemos dentro de nuestro trabajo (pantalla 36).



Pantalla 36

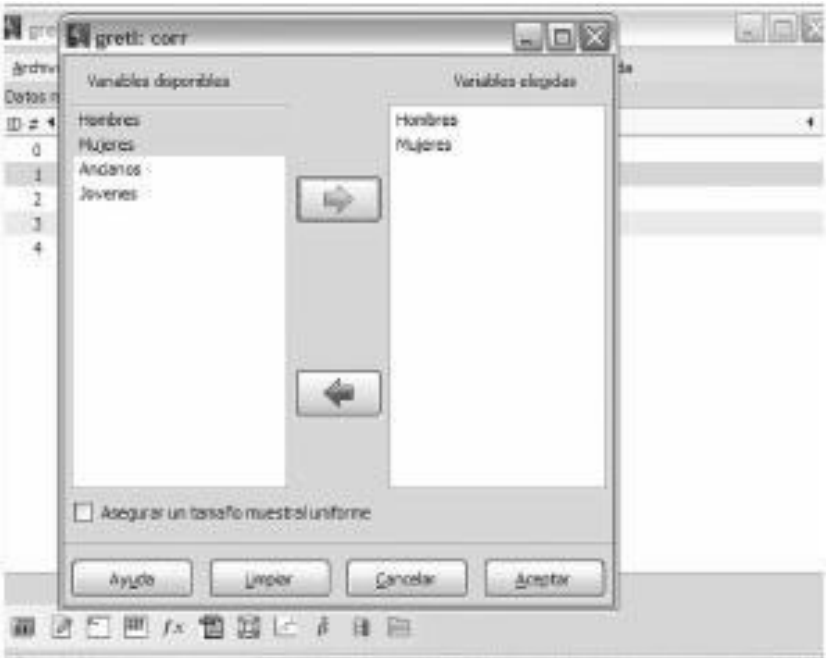
Y la tabla de cálculos que se muestra después de haber seleccionado las variables a las que se deseaba aplicar el cálculo, aparece como en la pantalla 37.

Pantalla 37

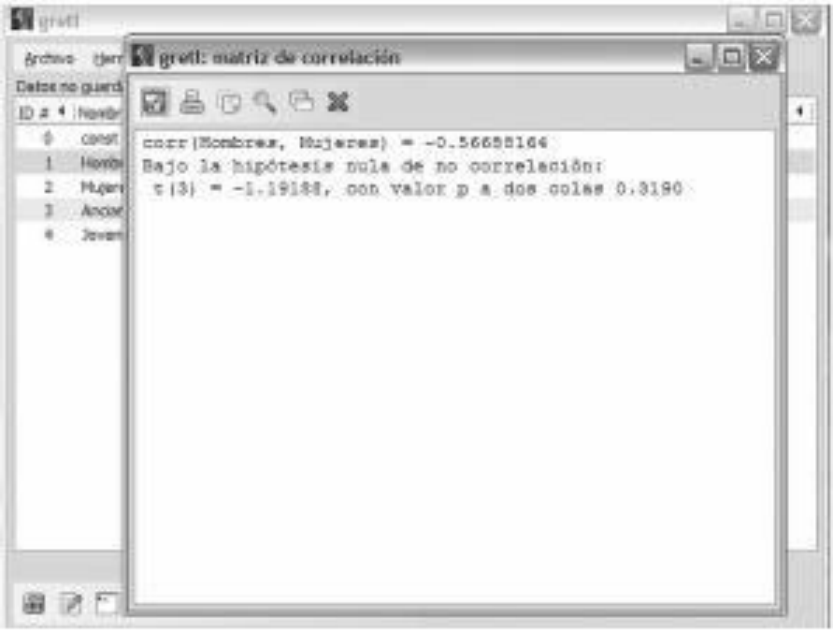
Todas las diferentes opciones que se tienen disponibles son muy útiles para el desarrollo de la investigación.

A manera de ejemplo considerar que se desea obtener la correlación entre la variable hombres y la variable mujeres, por lo que elegimos la opción de matriz de correlación. El programa realiza los cálculos pertinentes y los muestra al investigador como un recuadro con la solución, además le permite visualizar las pruebas de validación.

En la pantalla que aparece se deberán pasar las variables al campo de acción donde el programa considerará las variables seleccionadas como eje para realizar los cálculos y mostrar los resultados. Para ello se deberán marcar las variables a procesar y después activar la tecla de Aceptar para que se inicien los procesos y se puedan mostrar los resultados (pantallas 38 y 39).


gretl: corr
Variables disponibles
Variables elegidas
Hombres
Mujeres
Ancianos
Jovenes
Hombres
Mujeres
Asegurar un tamaño muestral uniforme
Ayuda
Limpiar
Cancelar
Aceptar

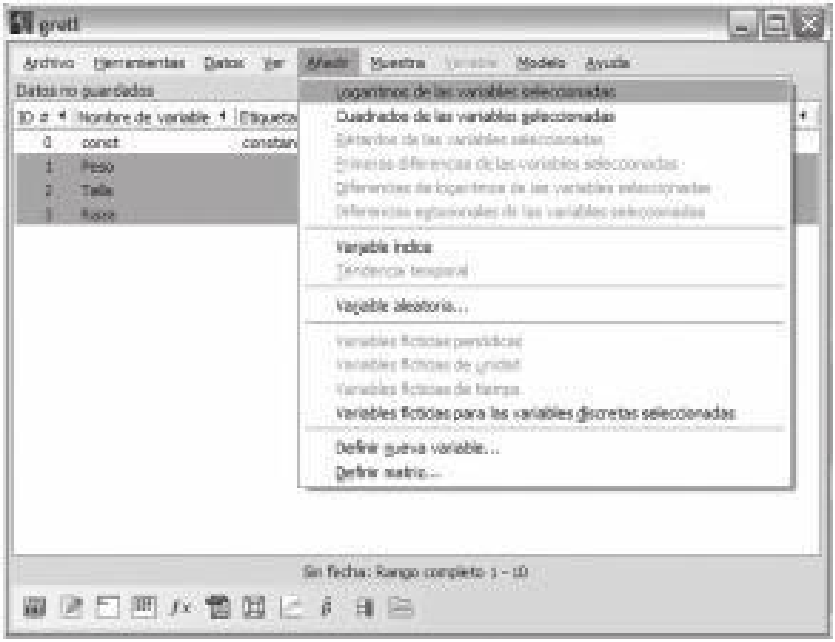
Pantalla 38



Pantalla 39

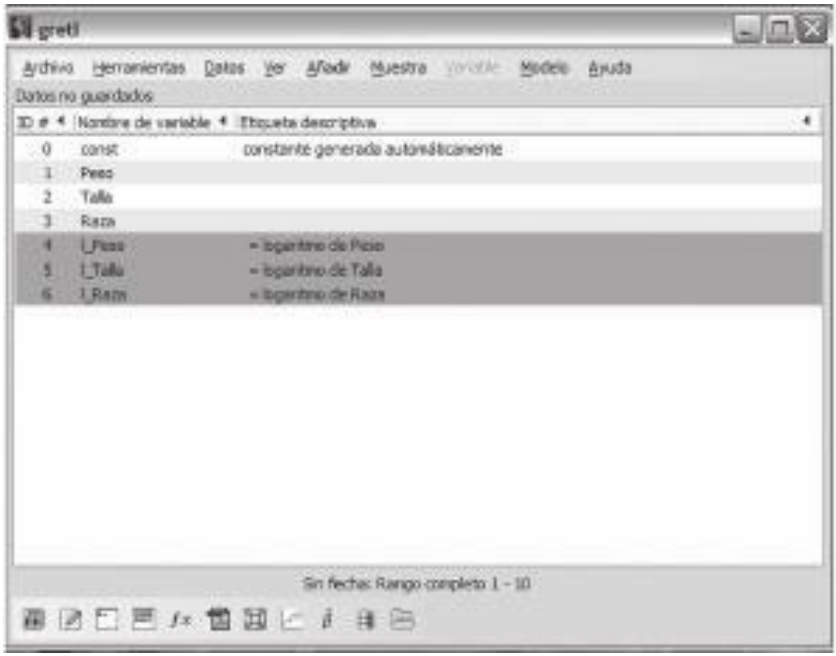
De esta manera se visualizan los resultados y se tienen los elementos suficientes para tomar la decisión adecuada para el trabajo de investigación.

Del menú principal la siguiente opción disponible para activar el programa en función de las necesidades que se tengan de procedimientos estadísticos es la de Añadir, que permite que el investigador pueda trabajar con una serie de valores más complejos (pantalla 40).



Pantalla 40

En esta opción se tiene gran variedad de posibilidades para desarrollar cálculos más afines a las técnicas estadísticas, como es la de Logaritmos. El investigador puede realizar los cálculos de las funciones logarítmicas de cada una de las variables que se tengan seleccionadas. Gretl permite realizar los cálculos de esas funciones y agregarlas como una variable más dentro del grupo de datos que se tienen en proceso durante el trabajo. La pantalla 41 muestra lo que se obtiene al seleccionar todas las variables dentro del sistema y se solicita que añada los logaritmos.

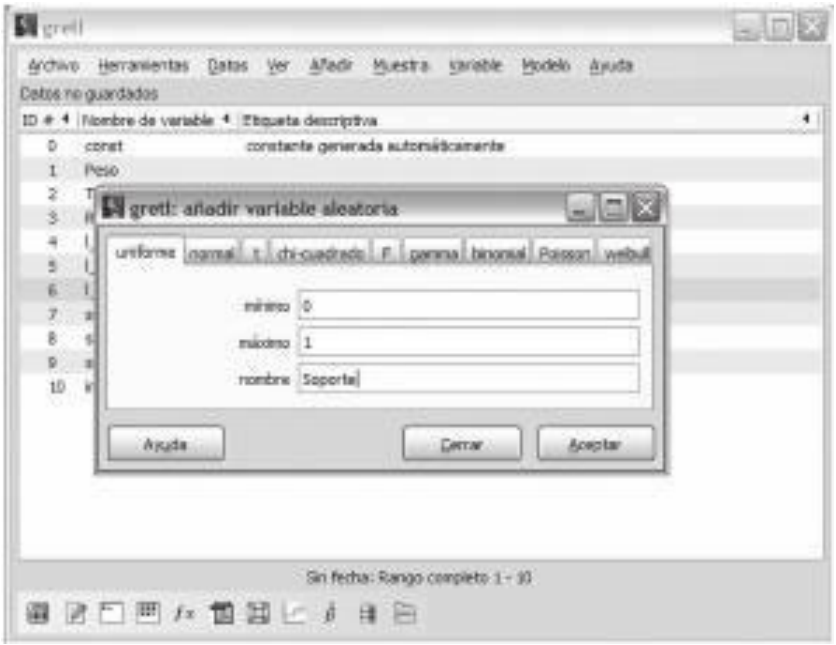


Pantalla 41

Se puede observar que al añadir la función logaritmo a la variable entonces aparece con el nombre de ella pero con una “l” al inicio, que indica que es un valor logarítmico.

La siguiente función es la que agrega los Cuadrados de las variables seleccionadas, que serán etiquetadas con el nombre de la variable precedido de un prefijo “sq”, lo cual significa que corresponde al cuadrado de la misma. La opción de Variable índice permite que el investigador pueda seleccionar cuál de las variables que se tienen en el proceso servirá de índice para efectuar operaciones posteriores.

Otra función más es la que da la facilidad de obtener una Variable aleatoria dentro del conjunto de datos que se tienen. El usuario tendrá que especificar el rango en el que deberá estar el cálculo de esa variable. La pantalla 42 muestra la información necesaria que se debe proporcionar para realizar el cálculo de esa variable aleatoria.



Pantalla 42

Tomar en cuenta que el cálculo de las variables aleatorias corresponde a efectuar el proceso de obtener un número aleatorio. Lo que permite poder jugar con los diferentes valores que se puedan tener en función de una simulación, por lo que es importante que el investigador defina el rango en el cual deberá estar ese valor específico.

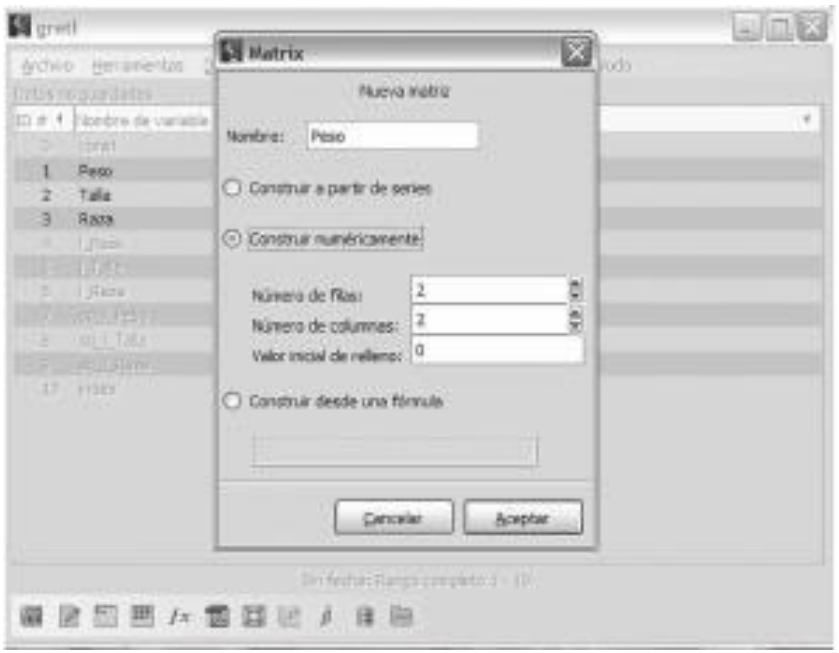
Los valores son el mínimo y el máximo que deberá tener el valor calculado, así como el nombre que se le asignará a la variable. Es importante mencionar que los números aleatorios se calculan mediante una fórmula, por lo que siempre se obtendrán valores dentro del rango elegido.

Es necesario que el usuario defina el tipo de variable aleatoria en función de los cálculos que esté efectuando; pueden ser uniformes, normales, de utilidad para la prueba de t, de chi-cuadrada, de las

pruebas de F, las gamma, las binomiales, las de Poisson o las pruebas de Weibull, que corresponden a las principales pruebas estadísticas que se procesan en cualquier trabajo de investigación.

Otra de las opciones del programa Gretl es la que permite la facilidad de elaborar Variables ficticias para las variables seleccionadas. Por lo tanto, es necesario que sean de valores discretos, ya que es la forma mediante la cual se pueden producir y procesar.

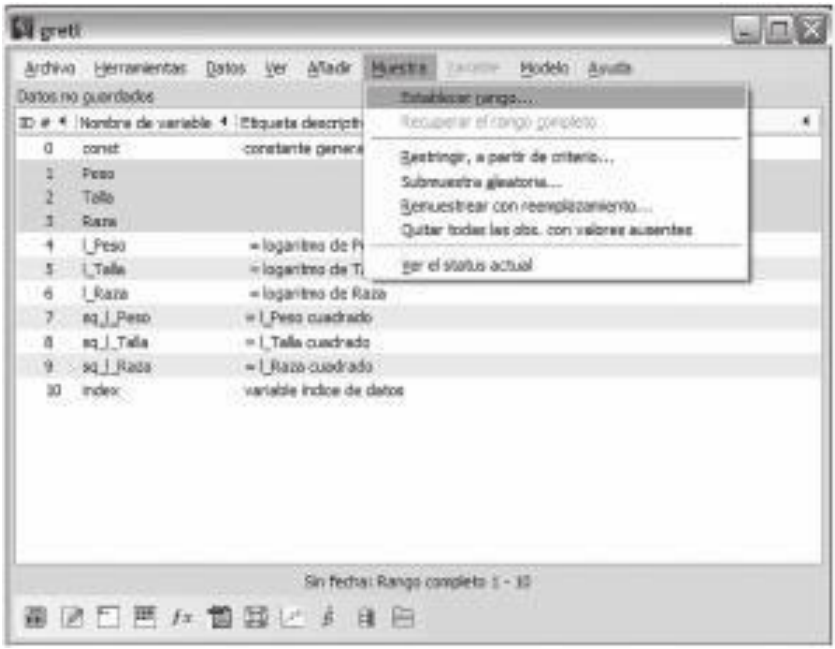
Las últimas opciones son las que permiten que el investigador pueda Definir alguna nueva variable dentro del conjunto de datos que se tienen, los que generalmente aparecen de manera posterior en el desarrollo del trabajo. En ella el investigador deberá especificar el nombre y determinar si agrega los datos de forma manual, como se hizo al inicio cuando se definieron los datos base de los cálculos posteriores. La opción Definir una matriz será de gran utilidad para otro tipo de cálculos y eventos (pantalla 43).



Pantalla 43

En la pantalla aparece la opción que permite definir la fuente desde la cual se formará la matriz y el recuadro en el que se le asignará el nombre a la matriz para cálculos posteriores.

La siguiente opción del menú principal es Muestra, que ayudará al investigador a realizar los cálculos necesarios para trabajar con ella. En la pantalla 44 se ve lo que aparece al activar esta función.



Pantalla 44

Como podemos observar existe una gran variedad de funciones que permiten realizar operaciones con las muestras, sobresaliendo la de Establecer rango, que es donde el investigador definirá el rango a partir del cual el programa realizará sus cálculos; en ella es donde se define el inicio y el final de lo que será el rango muestral. El investigador define el máximo de las observaciones que se desea considerar en el proceso.

La siguiente es la condición booleana para seleccionar la restricción que se implementará en el proceso al trabajar con una muestra, y precisamente en ella se deberá definir la condición booleana para la definición o selección de casos. Después está la que permite que el investigador pueda realizar una muestra de tipo aleatorio, donde se debe especificar el número de casos que se desean procesar en esta función. El número máximo de muestras a seleccionar es de nueve.

Después sigue una función que es muy útil para la aplicación estadística con muestras y se refiere al procedimiento de seleccionar el muestreo con remplazo. Esto significa que se selecciona al azar un miembro de la población que se está estudiando, el cual será registrado como un elemento importante seleccionado de la muestra y posteriormente se reintegrará a la población de estudio.

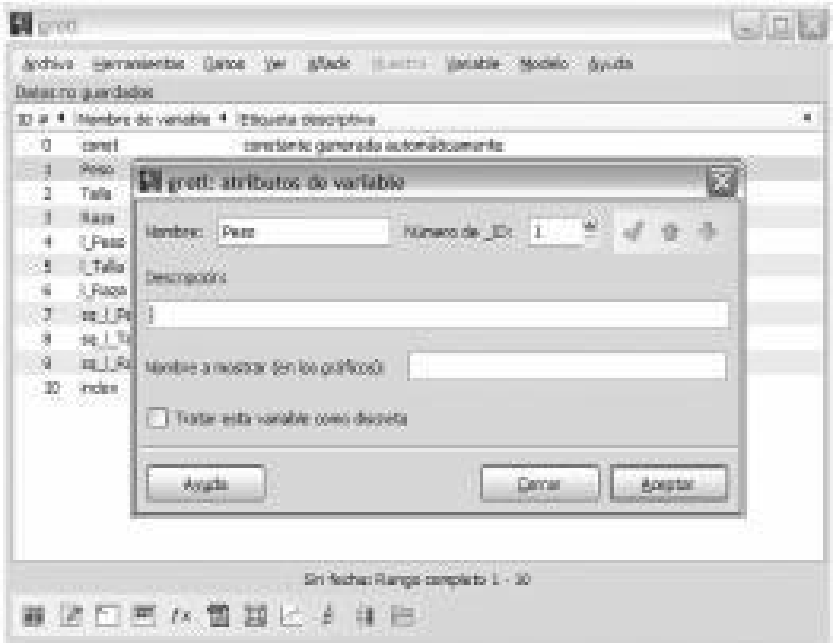
Una opción que permite el programa y que es de mucha utilidad corresponde a la de eliminar todas aquellas observaciones que carecen de valores. Por lo general, durante el desarrollo de un experimento es muy común que aparezcan observaciones que no presentan o tienen valor, ya sea por defecto de la observación o por estar en un rango de sesgo mayor. Mediante esta función se eliminan todas aquellas observaciones que no tendrán ninguna aplicación en el proceso pero que pueden ocasionar ruido durante la elaboración de los cálculos.

La última de estas opciones es la que permite al investigador poder revisar el estado actual de cualquiera de las variables, considerando si presentan sesgo o carecen de valor dentro de un muestreo, por lo cual se aplica este procedimiento.

En el menú principal sigue la opción Variable, que se podrá activar al seleccionar cualquiera de las variables que se quiera procesar. Las funciones que permite son las que se muestran en la pantalla 45.

Pantalla 45

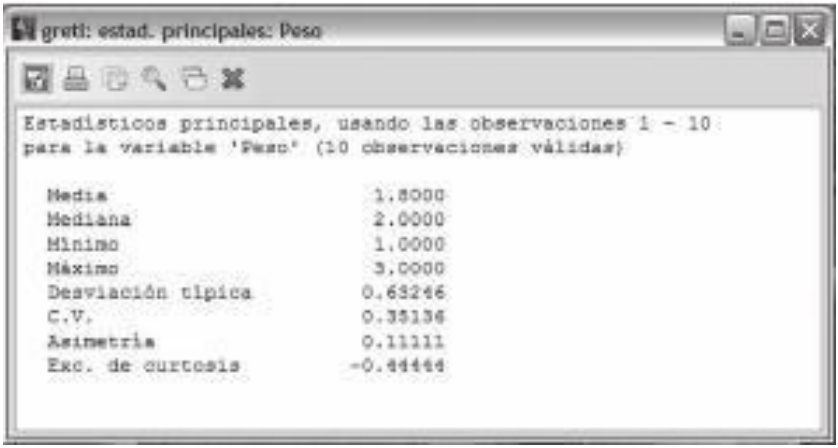
Con esta función el investigador puede realizar diferentes actividades con respecto a la variable seleccionada: a) Mostrar valores, que servirá para que el usuario revise los valores que se tienen definidos dentro de la variable, y b) Editar atributos, que permite que el investigador defina sus características. Por ejemplo si se considera como variable discreta o continua, definir una descripción sobre ella, y la etiqueta que tendrá al aparecer en una de las gráficas que se procesen (pantalla 46).



Pantalla 46

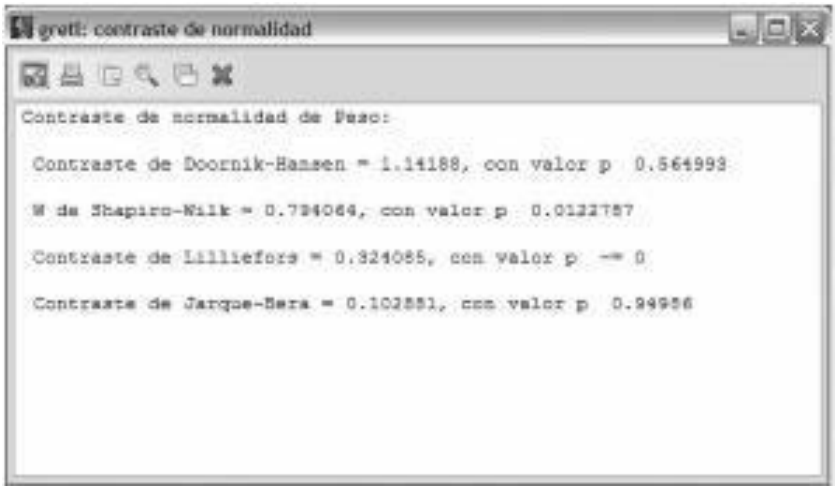
La opción Establecer código de ‘valor ausente’ permite que el usuario pueda definir cuál de los valores que se tenga en la colección de datos de la variable será considerado como ausente o no presente.

La opción Estadísticos principales permite desplegar el cuadro con los valores principales de las medidas de tendencia central, que corresponden a dichos valores (pantalla 47).



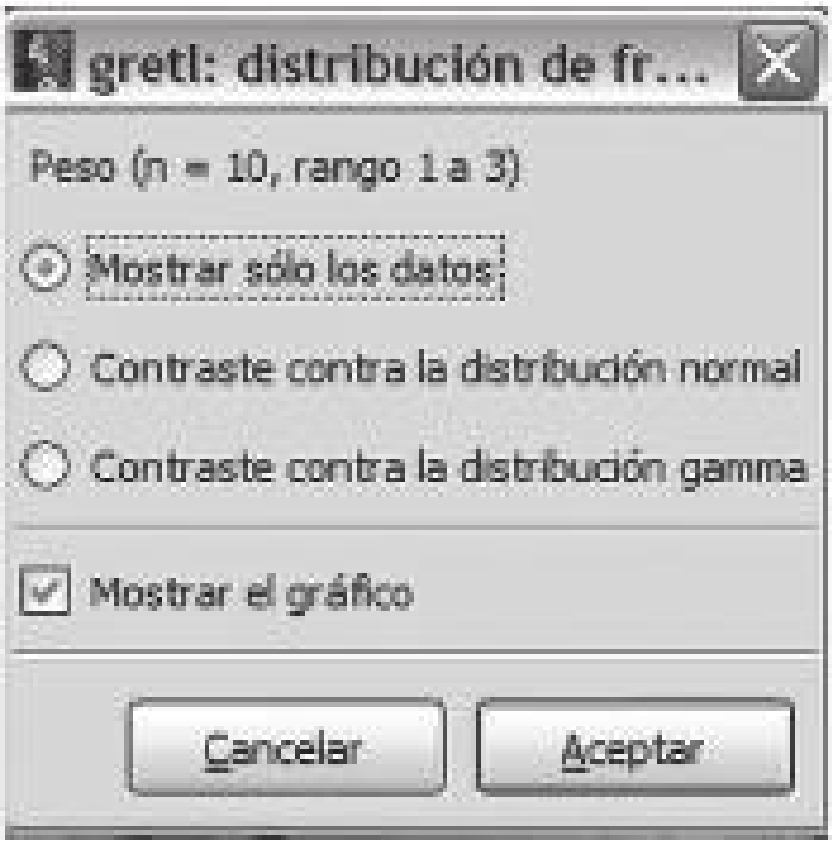
Pantalla 47

La opción Contraste de normalidad posibilita que el programa realice los cálculos necesarios para desplegar dichos valores (pantalla 48).



Pantalla 48

Para la función Distribución de frecuencias el programa solicitará al usuario que defina algunos parámetros para poder realizar el cálculo necesario (pantalla 49). Que es donde se definen las características finales que se espera obtener.

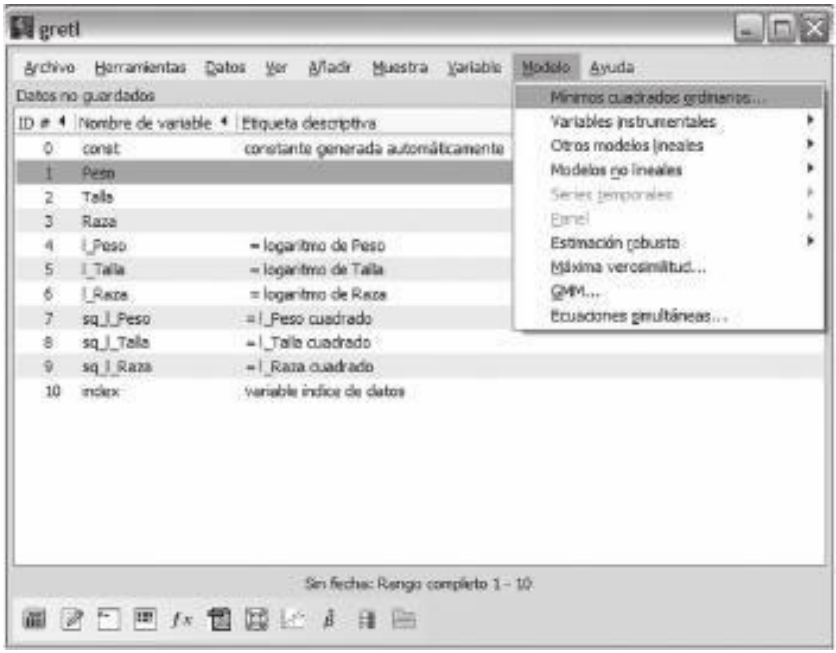


Pantalla 49

Las que siguen corresponden a los diferentes tipos de gráficas que se podrán realizar mediante la aplicación de la variable seleccionada en función de algunas otras, que permitirán al programa representarlas en cuadros que el investigador almacenará en el disco duro o ejecutará algunas otras actividades como la impresión.

La siguiente función del menú principal es la que permite trabajar

con Modelos, donde se aplican diferentes técnicas estadísticas. Entre ellos podemos encontrar: Mínimos cuadrados ordinarios, Variables instrumentales, Otros modelos lineales (por lo general los más populares dentro de los cálculos estadísticos), Modelos no lineales y muchos más (pantalla 50).

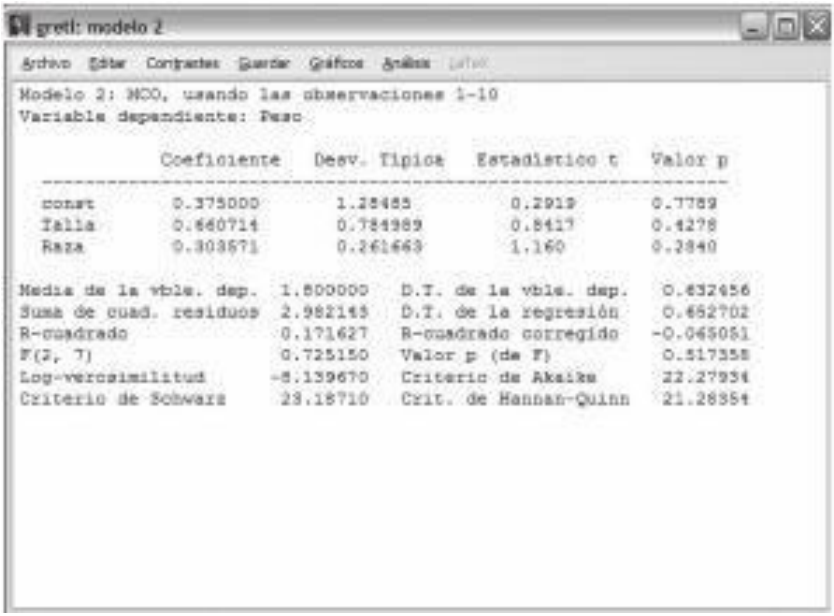


Pantalla 50

Por ejemplo, la opción de Mínimos cuadrados ordinarios permite al programa calcular sus valores y mostrar la tabla final al usuario. A continuación se presenta la pantalla que solicita la información (51), así como la que muestra los resultados (52); notar que en la primera de las pantallas el usuario define las características que se deben considerar. La segunda pantalla es la que el programa utiliza para que el usuario vea los resultados obtenidos después de realizar los cálculos necesarios para su publicación.

gretl: especificar modelo
MCO
const
Peso
Talla
Raza
l_Peso
l_Talla
l_Raza
sq_l_Peso
sq_l_Talla
sq_l_Raza
index
Variable dependiente
Peso
Selección por defecto
Variables independientes
const
Talla
Raza
Desviaciones típicas robustas
configurar
Ayuda
Limpiar
Cancelar
Aceptar

Pantalla 51



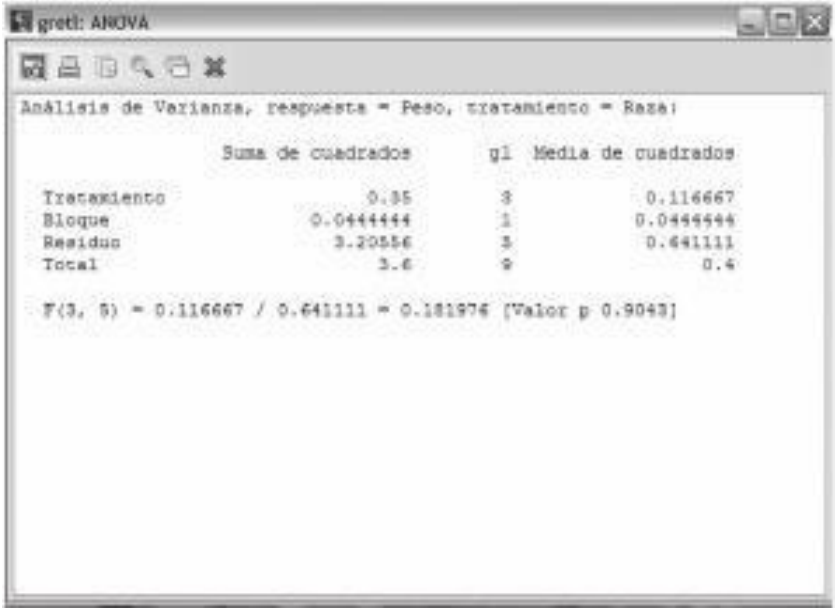
Pantalla 52

En la opción Variables instrumentales el programa permite realizar las principales pruebas para los modelos de mínimos cuadrados en dos etapas: el modelo de MVIL y el de GMM, que corresponden a los principales modelos utilizados en los trabajos estadísticos formales.

Una función más que permite realizar el programa Gretl es la de Otros modelos lineales, donde sobresalen los de mínimos cuadrados ponderados, los de corrección de heterocedasticidad, el modelo MCO de alta presión y la popular ANOVA. En todas esas opciones el programa solicitará al usuario que defina cuál será la variable de respuesta. Mientras que, por otra parte, deberá definir la variable sobre la cual se hará el tratamiento y, finalmente, definir también cuál será la variable de bloque, la que es opcional considerando que no es necesario definirla y dependerá de las características del problema que se esté procesando (pantalla 53).

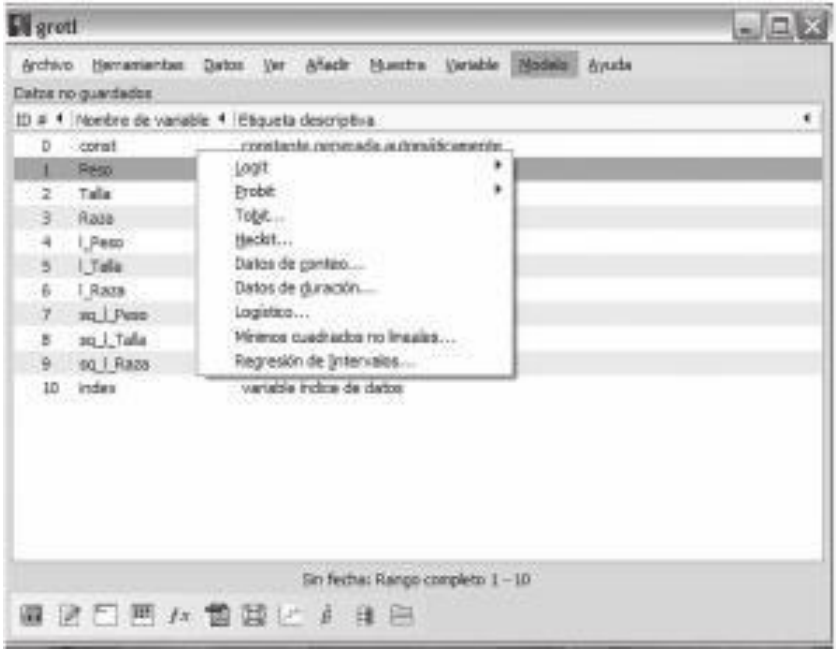
Pantalla 53

La pantalla 54 muestra los datos de salida, lo que permite al usuario visualizarlos para el modelo seleccionado.



Pantalla 54

La opción que sigue es para obtener Modelos no lineales, que permiten al investigador realizar aproximaciones más exactas sobre algunos de los datos en los diferentes procesos estadísticos. En la pantalla 55 se muestran los modelos que el programa Gretl permite calcular.

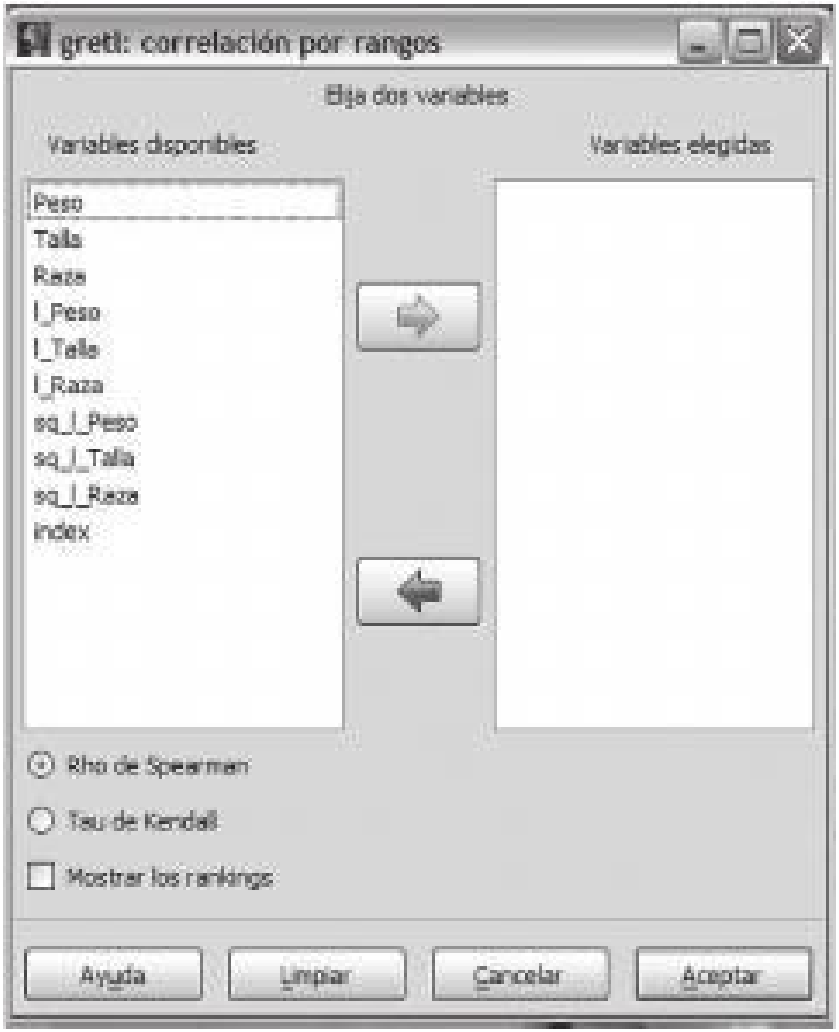


Pantalla 55

El investigador podrá elegir el más adecuado para los fines que persigue su trabajo. En esta parte se considera que el investigador tiene experiencia en el desarrollo de algunos procesos estadísticos.

La opción Estimación robusta permite que el programa simplifique la tarea del investigador durante el desarrollo de los modelos que lo calculan. Los principales son: mínima regresión absoluta, regresión de cuantiles y correlación por rangos. El usuario deberá elegir cuál es la adecuada para su trabajo en función de las características que éste muestre.

La pantalla 56 es la que aparece al solicitar los datos que se utilizarán y el usuario deberá definir las dos variables que se considerarán para el proceso.



Pantalla 56

Otra de las opciones que se proporcionan con el programa es para obtener la Máxima verosimilitud entre variables. Además permite obtener el modelo de GMM, que resulta de gran utilidad en ciertos procesos estadísticos en función de la actividad a realizar. También facilita el procesamiento de las Ecuaciones simultáneas que se pudieran tener en el desarrollo del proceso, lo que es útil al procesar estadísticas de optimización y cálculos más complejos

sobre problemas y aplicaciones estadísticas.

Por último, la opción de Ayuda facilita a los investigadores el poder consultar diversos archivos, en formato PDF, con gran variedad de temas que permiten ampliar el conocimiento sobre la estadística y las características que el programa presenta para los diferentes usuarios.

* * *

El programa Gretl es sumamente útil para los estudiantes de cualquier área del conocimiento. En particular, a manera de ejemplo, se hizo el estudio en función de las necesidades de los estudiantes que cursan diferentes módulos en la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidad Xochimilco, toda vez que su tipo de sistema educativo permite que todos los estudiantes realicen investigaciones científicas desde el primer trimestre (módulo), por lo que se puede aprovechar al máximo el uso del programa.

Se reitera que aunque originalmente el programa Gretl fue diseñado para las áreas de las ciencias económico administrativas se considera de muchísima utilidad en las diferentes áreas del saber, y no necesaria y únicamente para los estudiantes, sino también para investigadores ya formados pues, por su extraordinario contenido, es una herramienta muy valiosa y eficiente.

Se recomienda que primero se utilice el programa Gretl a manera de práctica antes de iniciar con el proceso de la información real, para que se conozcan las diferentes opciones que proporciona y que el investigador se familiarice con las acciones a seguir, de tal manera que pueda llegar a ser experto en el manejo de este programa de estadística.

Una nota importante es que el programa permite realizar las principales funciones que se requieren durante el desarrollo de un trabajo de investigación en el ámbito escolar, sin menospreciar el que se pueda emplear para trabajos más sofisticados en la investigación científica.

Esperamos que esta guía sirva para adentrar a los estudiantes en el empleo de bases estadísticas para sus proyectos de investigación

modular, escolar, y que resulte de gran ayuda para sus presentaciones finales.

M. en C. Demetrio Pérez Aguilera

Departamento Atención a la Salud

UAM-Xochimilco

Dr. Heinz Dieterich

UAM-Xochimilco

M. en C. Víctor M. Galván Huerta

Departamento El Hombre y su Ambiente

UAM-Xochimilco